

Levantamento cadastral de uma rede de abastecimento de água

João Filipe Marques de Oliveira

Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2016

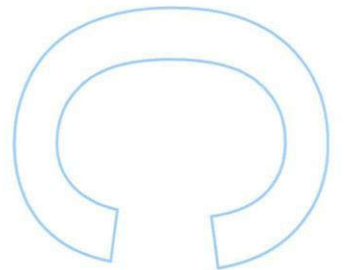
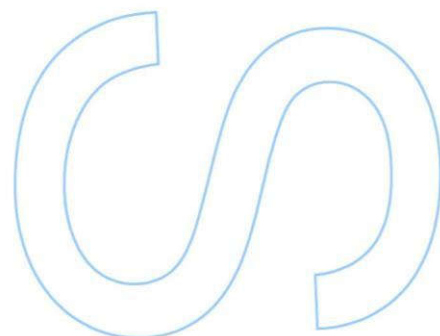
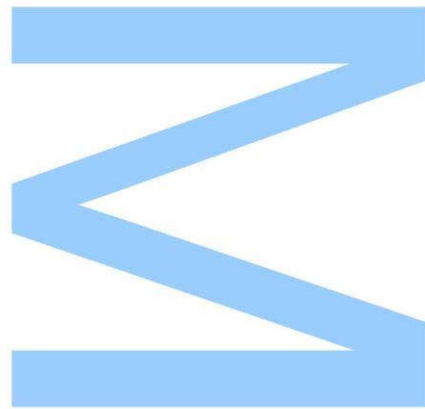
Orientador

Paulo Joaquim Ferreira de Almeida

Professor auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Eurico Loureiro

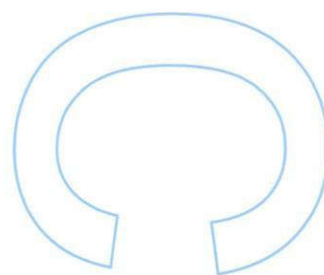
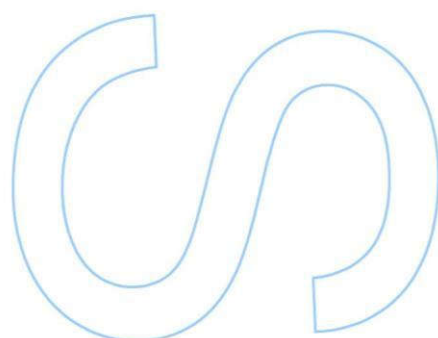
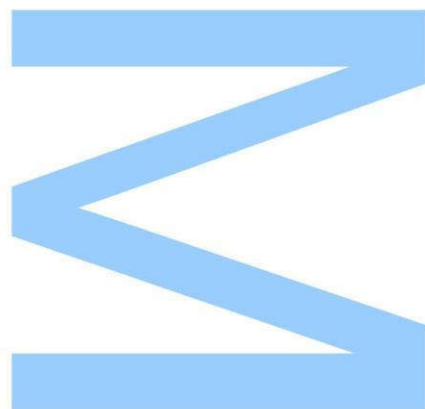




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Gostaria de afirmar a minha gratidão a todos aqueles que me ajudaram e contribuíram para a elaboração deste relatório.

Começo por agradecer à LRB - Consultores por me ter acolhido e me ter dado esta oportunidade de estágio e aprendizagem.

Agradeço ao meu coorientador, Eurico Loureiro pela sua disponibilidade, vontade de ajudar e transmissão de conhecimentos, e ao meu orientador Paulo Joaquim Ferreira de Almeida por toda a orientação, empenho e apoio que me prestou.

Por fim, expresso os meus agradecimentos à minha família e amigos pela preocupação que demonstraram e pela motivação que me proporcionaram.

Resumo

A preservação de água é um tema que tem vindo a ser estudado nos últimos anos, seja a nível do meio ambiente ou socioeconómico. A constante evolução populacional tem provocado um aumento na procura e necessidade de água, pelo que se torna cada vez mais difícil gerir e usar este recurso de forma sustentável.

Em Portugal são vários os instrumentos legais que intervêm na gestão da água. Estes têm tido um papel fundamental ao criar planos com objetivos e metas a atingir, bem como medidas e atitudes a tomar para o seu cumprimento.

O abastecimento de água pertence a um setor que necessita de melhorias a este nível, visto que, segundo o PENSAAR 2020, a média de perdas de água em Portugal chega a atingir os 35%.

As entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água têm de assegurar a qualidade e a quantidade, necessitando assim de uma gestão bem estruturada que permita a redução de perdas de água, rapidez e eficiência em intervenções, visando sempre a otimização de tempo e recursos.

Uma das medidas que tem sido adotada e que permite melhorias na gestão e compreensão da rede de abastecimento de água é o levantamento cadastral, que reúne bases de dados com informação espacial. O estágio incidiu no levantamento cadastral da rede de abastecimento de água no concelho de Oliveira de Azeméis, sendo a INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A., a entidade gestora.

Para tal, foi prestado apoio tanto na recolha de informação em terreno através da georreferenciação de toda a estrutura da rede de abastecimento de água, como no seu tratamento utilizando *software* SIG como o ArcGIS e Autocad Map 3D.

Palavras-chave: Água, Gestão, Levantamento cadastral, SIG

Abstract

The preservation of the water is an issue that has been studied in the last years, in terms of the environment and socioeconomy. The constant growth of population has been causing an increase in the search and need for water, making it difficult to manage and use this resource sustainably.

In Portugal there are several legislation that intervene in the management of water. These have played a key role in creating plans with goals and targets, measures and steps to take to comply with it.

The water supply belongs to a sector that needs improvement at this level, since, according to the PENSAAR 2020, the average water loss in Portugal reaches up to 35%.

The entities owners of water supply systems have to ensure the quality and quantity, thus requiring a well-structured management that allows the reduction of water losses, speed and efficiency in operations, always aiming at the optimization of time and resources.

One of the measures that have been adopted and which allows improvements in the management and understanding of the water supply network is the cadastral survey, which brings together databases with spatial information. The internship covered the cadastral survey of the water supply network in Oliveira de Azeméis municipality, being INDQUA - Industry and Water Management, SA, the responsible entity.

To this end, support was provided both in gathering information in the field through the georeferencing of the entire structure of the water supply network, and in the treatment using GIS software such as ArcGIS and AutoCAD Map 3D.

Keywords: Water, Management, Cadastral survey, GIS

Índice

Resumo	4
Abstract	5
Índice	6
Índice de figuras	8
Índice de tabelas.....	10
Abreviaturas e/ou Acrónimos	11
1. Estágio.....	12
1.1 Local de estágio	12
1.2 Objetivo principal	12
1.3 Estrutura do relatório de estágio	13
2. Introdução.....	14
2.1 Água e a sua gestão em Portugal	14
2.2 Sistemas de abastecimento de água em Portugal.....	16
2.3 Levantamento cadastral	17
2.4 Funcionamento de um sistema de abastecimento de água.....	19
2.4.1 Captação de água.....	19
2.4.2 Instalações de tratamento	19
2.4.3 Armazenamento de água	20
2.4.4 Distribuição de água.....	20
2.5 Estrutura da rede de água.....	21
2.5.1 Tipo de redes	21
2.5.2 Elementos acessórios	22
2.6 Perdas e fugas.....	29
3. Sistemas de abastecimento de água de Oliveira de Azeméis	30
4. Metodologia	34

4.1 Funcionamento da base de dados	34
4.2 Recolha de informação	37
4.3 Tratamento gráfico	40
4.3.1 Vetorização usando o ArcGIS como ferramenta	40
4.3.2 Tratamento gráfico com o apoio do AutoCAD MAP 3D	43
5. Situações hipotéticas de rotura de uma conduta e respetivas resoluções.....	51
6. Avaliação dos sistemas abastecedores de água.....	56
7. Conclusão.....	60
8. Bibliografia.....	61

Índice de figuras

Figura 1- Etapas de um sistema de abastecimento de água.	19
Figura 2- Representação de uma rede em malha (esquerda) e ramificada (direita) (Retirado de [17]).	21
Figura 3- Fotografia de tubos de PVC (Retirado de [18]).	23
Figura 4- Fotografia de um tubo de PEAD (Retirado de [19]).	24
Figura 5- Fotografia de uma válvula de seccionamento do tipo cunha elástica (Retirado de [20]).	25
Figura 6- Fotografia de uma descarga de rede (Retirado de [21]).	25
Figura 7- Fotografia de uma ventosa (Retirado de [22]).	26
Figura 8- Exemplo de um Bypass (Retirado de [23]).	26
Figura 9- Fotografia de uma Boca-de-incêndio (esquerda), marco de incêndio (meio) e boca de rega (direita) (Retirado de [24], [25], [26] respetivamente).	27
Figura 10- Fotografia de um contador (Retirado de [27]).	28
Figura 11- Fotografia de uma caixa de contador (Retirado de [28]).	28
Figura 12- Fotografia de contadores em bateria (Retirado de [29]).	29
Figura 13- Enquadramento geográfico.	30
Figura 14- Mapa da rede de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis.	32
Figura 15- Exemplo de uma rede indicativa.	37
Figura 16- Utilização do comando “Start Editing” para a vetorização da conduta.	41
Figura 17- Representação da conduta vetorizada.	41
Figura 18- Utilização de uma perpendicular do nó até à conduta, para encontrar ponto de referência para posterior uso na vetorização do ramal de ligação.	42
Figura 19- Representação de ramais de ligação vetorizados.	42
Figura 20- Representação da tabela de atributos onde é preenchida informação relevante.	43
Figura 21- Representação da válvula de seccionamento como ponto antes da substituição para o respetivo bloco.	46

Figura 22- Representação da válvula de seccionamento após a substituição para o respetivo bloco.....	46
Figura 23- Representação da orientação de anotações na conduta.....	47
Figura 24- Representação da deslocação de válvulas de seccionamento de rede.....	47
Figura 25- Representação do Sistema S08 depois de concluída a conversão de blocos e orientação das anotações.	48
Figura 26- Representação da orientação de algumas anotações.....	48
Figura 27- Representação ampla e aproximada das divisões.	49
Figura 28- Representação de uma tela final.....	50
Figura 29- Representação dos locais usados para simular qual o procedimento a tomar em caso de rotura.....	51
Figura 30- Situação hipotética n.º 1	53
Figura 31- Situação hipotética n.º 2	54
Figura 32- Situação hipotética n.º 3	55

Índice de tabelas

Tabela 1- Legislação relacionada com o levantamento cadastral (Adaptado de [12]).	18
Tabela 2- Características de rede ramificada e em malha (Adaptado de [17]).	22
Tabela 3- Percentagem de população servida por sistemas de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis.	31
Tabela 4- Caracterização dos sistemas abastecedores por comprimento e freguesia.	33
Tabela 5- Tabela de apoio ao preenchimento de arruamentos.	34
Tabela 6- Código dos elementos acessórios.	35
Tabela 7- Modelo de base de dados relativo às válvulas de seccionamento.	36
Tabela 8- Campos a preencher no GPS.	38
Tabela 9- Designações das camadas no AutoCAD.	44
Tabela 10- Simbologia dos elementos acessórios no AutoCAD.	45
Tabela 11- Tabela de percentagens de função das válvulas, tipo de válvulas, válvula por ramal, ramais ligados e tipo de material da conduta por sistema.	577
Tabela 12- Caracterização dos índices de cunha elástica, PEAD e de FFD/fibrocimento.	588
Tabela 13- Caracterização do índice de renovação.	588
Tabela 14- Resultados do índice de renovação para os sistemas abastecedores de água.	58

Abreviaturas e/ou Acrónimos

ARH- Administração da Região Hidrográfica

ETA- Estação de Tratamento de Água

FFD- Ferro Fundido

GPS- Sistema de Posicionamento Global

PEAASAR- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PEAD- Tubo de Polietileno de Alta Densidade

PNA- Plano Nacional da Água

PNUEA- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PVC- Policloreto de Vinilo

RGSPDADAR- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

SIG- Sistemas de Informação Geográfica

VMA- Valor máximo admissível

1. Estágio

1.1 Local de estágio

O estágio foi realizado no âmbito do plano de estudos do segundo ano do Mestrado Ciências e Tecnologia do Ambiente, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Teve lugar na empresa LRB – Consultores e o seu objetivo foi prestar apoio no levantamento cadastral da rede de abastecimento de água no concelho de Oliveira de Azeméis, sendo a entidade gestora a INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A.

A LRB - Consultores é uma empresa de consultoria fundada em 2013, que atua nas áreas de consultoria ambiental, sistemas de informação geográfica e negócios. O seu histórico de desenvolvimento de projetos passa por países como Portugal, Cabo Verde, Senegal, Tanzânia, Costa do Marfim, Angola, Gabão e Moçambique.

A sede localiza-se na rua Largo São Francisco nº 39, 3º Andar, 4700-307 – em Braga, Portugal.

1.2 Objetivo principal

O estágio teve como principal objetivo a melhoria da gestão de um sistema de abastecimento de água. Uma boa gestão traz benefícios a nível do meio ambiente, através da proteção de um recurso fundamental como a água, como a nível socioeconómico, assegurando qualidade e quantidade aos consumidores, reduzindo perdas e aumentando a rapidez e a eficiência em intervenções.

Para a concretização deste objetivo recorreu-se ao levantamento cadastral, um método que reúne bases de dados com informação espacial. Ao mesmo tempo foi estudado o funcionamento e a estrutura do sistema de abastecimento de água, que devido ao aumento de procura, em razão da necessidade de satisfazer exigências básicas, têm tornado as redes de água maiores e mais complexas.

A utilização de programas de sistemas de informação geográfica, para efetuar o levantamento cadastral, facilita a análise de um problema, sabendo rapidamente como e onde atuar em situações de fugas, roturas e em operações de manutenção. É possível também, através da georreferenciação de intervenções, criar bases de dados de carácter histórico e analítico, que discriminarão as áreas com maior recorrência.

Esta ferramenta irá melhorar a gestão e compreensão da rede de água, conseguindo assim reduzir as perdas económicas e o desperdício de água.

1.3 Estrutura do relatório de estágio

O presente relatório é constituído por 7 capítulos.

O capítulo 1 começa por apresentar o local de estágio bem como os objetivos do estágio.

No capítulo 2 é feita uma introdução relativamente ao tema do estágio, nomeadamente a gestão de água em Portugal, sistemas de abastecimento de água e levantamento cadastral.

Em seguida, no capítulo 3, é apresentado e caracterizado o caso estudado da rede de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis.

No capítulo 4 é demonstrada a metodologia utilizada durante todo o processo do levantamento, o que inclui a recolha e tratamento de informação.

O capítulo 5 apresenta três situações hipotéticas de uma rotura de conduta e as respetivas decisões para solucionar o problema de forma mais rápida e eficaz. Para tal, recorre-se aos mapas realizados no levantamento cadastral.

No capítulo 6 é feita uma avaliação da necessidade de renovação dos materiais e da estrutura dos sistemas de abastecimento de água.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas no trabalho realizado.

2. Introdução

2.1 Água e a sua gestão em Portugal

A crescente consciencialização de que a água é um recurso escasso tem sido motivo de preocupação. Assim, tem-se procurado adotar medidas que permitam salvaguardar este bem fundamental à vida humana. Para começar, a criação de um plano de gestão é fulcral para salvaguardar e gerir de forma sustentável este recurso.

O constante crescimento da população e evolução da urbanização tem aumentado a procura e a necessidade de água, o que poderá provocar uma excessiva exploração de água. Quando a captação ultrapassa a capacidade de renovação da natureza, haverá um desequilíbrio ecológico que causa repercussões [1].

A gestão da água é um processo que engloba diferentes competências, preservando sempre a qualidade e a quantidade. Deve integrar a exploração de recursos hídricos e o seu uso eficiente, assentando na sustentabilidade e conservação do meio ambiente, sem esquecer o seu potencial económico [2].

Em Portugal, são vários os instrumentos legais relacionados com a gestão da água, entre os quais se destacam os seguintes:

- Lei da Água (Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho)
- Diretiva Quadro da Água (Diretiva n.º 2000/60/, de 23 de Outubro)
- Plano Nacional da Água (PNA) (Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril)
- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)
- Administração da Região Hidrográfica (ARH)
- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR)
- PENSAAR 2020

A **Lei da Água** estabelece que a gestão da água deve ser feita por bacias hidrográficas, de forma a atingir sustentabilidade ao mesmo tempo que haja qualidade [3]. Os objetivos que zelam pela qualidade e potencial da água devem ser atingidos através de planos de gestão das regiões hidrográficas. O Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho corresponde à alteração da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro que *“aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º*

2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas” [4].

O desenvolvimento de sustentabilidade na procura de água atual e futura, sem perturbar o meio ambiente a nível de quantidade e qualidade, poderá ser maximizada através de políticas de gestão, como por exemplo a **Diretiva Quadro da Água**. Tem como objetivos a proteção e melhoramento do ambiente aquático, evitamento da degradação de ecossistemas, promoção de um consumo de água sustentável e redução da poluição [5]. Os Estados-Membros identificarão as bacias hidrográficas relativas a si mesmos, onde cada uma pertencerá a uma região hidrográfica. Cada região é caracterizada pelo respetivo Estado-Membro, seguido de uma análise do impacto da atividade humana e da economia de uso de água [5]. As medidas dos planos de gestão são especificadas para águas de superfície, para águas subterrâneas e para zonas protegidas. Estas devem ser adotadas à escala da bacia hidrográfica. O público geral terá acesso à informação e participação nas políticas de gestão, de forma a obter os melhores resultados possíveis, pelo que terá de ser feita uma divulgação pública [5].

O **PNA** possui os mesmos objetivos indicados na Diretiva Quadro da Água, apontando estratégias para a gestão e estabelecendo opções da política nacional da água, bem como as suas regras e princípios. Poderá ser usado pelos planos de gestão de regiões hidrográficas ou por outros instrumentos de planeamento de águas [6]. Para além da análise da situação atual, apresenta cenários futuros relativamente aos recursos hídricos e ao inerente aspeto socioeconómico. Contém também programas com medidas para atingir os objetivos definidos e construção de infraestruturas para um horizonte de projeto de 20 anos.

O **PNUEA** é um instrumento de gestão essencial para a conservação dos recursos hídricos, que foca a necessidade de redução das perdas de água e de otimização do seu uso. Promove o uso eficiente da água especialmente nos setores urbano, agrícola e industrial e pretende que este recurso hídrico seja mais valorizado a nível socioeconómico e ambiental, respeitando as gerações futuras. A Resolução do Conselho de Ministros nº. 113/2005, de 30 de Junho, estipulou que até 2020 o PNUEA deve reduzir o desperdício de água para 20% no setor urbano, 35% no setor agrícola e

15% no industrial, sendo que em 2009 os valores encontravam-se em 25%, 37,5% e 22,5% respetivamente [7].

A **ARH** tem presente uma componente estratégica relacionada com o cumprimento dos objetivos a atingir e com a qualidade dos serviços, bem como uma componente operacional que por vários meios assegura a sustentabilidade [2]. Salienta-se pelo conceito territorial da gestão da água e pela elaboração e execução de planos de gestão de recursos hídricos por bacia hidrográfica.

Em Portugal, as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água têm encontrado dificuldades no cumprimento das exigências definidas pela União Europeia, devido à sua incapacidade financeira, resultante de uma má gestão e de uma insuficiente exploração de sistemas. Esta situação levou à criação do **PEAASAR** 2000-2006, mais relacionado com sistemas em alta, e posteriormente o **PEAASAR** 2007-2013 que aborda sistemas em alta e baixa, dando maior destaque aos sistemas em baixa onde a ocorrência de intervenções é maior. Um sistema de abastecimento de água pode classificar-se em alta, com componentes relativas à captação, elevação, tratamento e adução, e em baixa, como componentes relativas às redes de distribuição de água, ramais de ligação [8]. Este plano apresenta os objetivos estratégicos e operacionais a alcançar com ajuda de fundos comunitários, focando também a necessidade de melhoramento de eficácia dos sistemas de abastecimento [3].

A fim de cumprir metas de preservação e gestão eficiente da água, sustentabilidade económica e desenvolver este setor em Portugal, foi criado o “**PENSAAR 2020** — Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de águas e saneamento de águas residuais” (através do Despacho n.º 4385/2015, de 30 de Maio, do Gabinete do Secretário de Estado do Ambiente). O **PENSAAR 2020** pretende apoiar os fundamentos apresentados no **PEAASAR**, identificar e clarificar as problemáticas existentes e definir estratégias para a sua resolução até 2020 [8].

2.2 Sistemas de abastecimento de água em Portugal

Apesar da atual cobertura de sistemas de abastecimento de água em Portugal (que ronda os 93%), a percentagem média de perdas de água é elevada, cerca de 35%. Surge assim a necessidade de adoção de medidas de otimização da rede [8].

Um dos objetivos do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) é reduzir as perdas de água para 20%. Outra meta passa por aumentar a cobertura dos sistemas de abastecimento de água em Portugal para os 95% [9].

Ainda que estes números estejam cada vez mais presentes na consciência das entidades gestoras, em Portugal, uma grande parte dos sistemas de abastecimento conta já com alguns anos de existência, apresentando problemas frequentes de fugas e roturas. Tal pode comprometer a qualidade da água e serviço, podendo causar grandes gastos económicos nas consequentes reparações. A solução ideal seria a substituição de infraestruturas. Embora a capacidade financeira por parte das entidades gestoras nem sempre o permita, existe a necessidade de optar por outro método. A criação de um plano de gestão é essencial, aplicando medidas que permitam rapidamente saber como e onde atuar para qualquer tipo de intervenção [10].

O aumento da exigência pela legislação impõe mais responsabilidades às entidades gestoras, onde o cumprimento obrigatório das normas incentiva a uma melhor gestão de todo o procedimento.

2.3 Levantamento cadastral

O levantamento cadastral tem ganho relevância devido às vantagens que oferece, nomeadamente na gestão da área a intervir, em contexto de sustentabilidade, qualidade e rentabilidade. Esta ferramenta, através de sistemas de informação geográfica (SIG), reúne bases de dados com informação espacial.

Para além de os SIG analisarem e gerirem informação, permitem relacionar e visualizar de forma simples e compreensiva diferentes camadas de informação. Como exemplo tomamos uma situação, onde tendo como base uma localização geográfica, se pode adicionar cartografia, toponímia ou outras camadas que possam ser relevantes para o caso em questão [11]. Apenas será necessário confirmar que o sistema de projeção de coordenadas seja o mesmo para todas as camadas.

O processo de cadastro é constituído por duas etapas, uma de recolha de dados e outra relativa ao seu tratamento. Após definidos os objetos e a área a levantar, é feita em campo a recolha de informação e da localização geográfica sobre os mesmos.

Concluída esta fase, procede-se ao tratamento dos dados georreferenciados usando sistemas de informação geográfica. Os dados georreferenciados são constituídos por uma componente espacial, que contém a localização geográfica do objeto (latitude, longitude e cota) e por uma componente não espacial que contém informação sobre o objeto tal como o seu código, tipo ou outro tipo de campos alfanuméricos [11].

No caso concreto de redes de abastecimento de água, é oferecido um conhecimento atualizado, detalhado e organizado sobre a sua estrutura. O correto uso do levantamento cadastral facilita a análise de alguma anormalidade que surja, bem como a escolha da melhor forma a atuar em situações de fugas, emergência e manutenção. Assim, haverá uma redução de perdas económicas e de fugas de água, visando sempre otimização de tempo e recursos [11].

O levantamento cadastral contribui para que as entidades gestoras cumpram com a legislação em vigor [12].

Tabela 1- Legislação relacionada com o levantamento cadastral (Adaptado de [12]).

Legislação	Descrição
Decreto-lei nº194/2009; Artº8, número 4, alínea a):	<i>“As entidades gestoras devem: dispor de informação sobre a situação atual e projetada das infraestruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação”</i>
Diretiva da Qualidade da Água (Diretiva n.º 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro)	É possível também através da georreferenciação de intervenções, criar uma bases de dados de carácter histórico e analítico, que descriminará áreas mais suscetíveis a tal, contribuindo para um controlo regular da qualidade da água.
PEAASAR	O levantamento cadastral confere melhorias à gestão da água, reduzindo perdas de água e gastos com intervenções mais eficazes

2.4 Funcionamento de um sistema de abastecimento de água

A água, um recurso crucial que serve de uso diário para o ser humano, seja para consumo próprio ou para serviços, chega às nossas instalações via um sistema público de abastecimento de água que atende às necessidades e quantidades necessárias. Este sistema segue por várias etapas (FIGURA 1) até chegar ao consumidor, visando a eficiência e a minimização de custos e de desperdício.

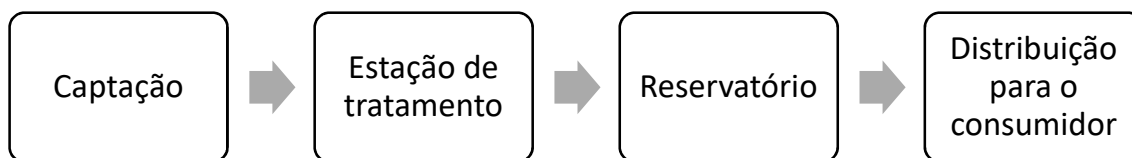


Figura 1- Etapas de um sistema de abastecimento de água.

2.4.1 Captação de água

O funcionamento do sistema de abastecimento de águas inicia-se pela captação de água bruta, seja ela superficial ou subterrânea. Esta operação é maioritariamente efetuada em pontos naturais para obter a melhor qualidade possível, diminuindo o risco de poluentes. Estes pontos podem ser de origem subterrânea (minas, poços, furos ou nascentes) ou superficial (rios, lagos, ribeiras) [13].

A localização da captação de água deverá ser estratégica, tendo em conta a proximidade da zona onde a água vai ser distribuída, a abundância do recurso e a facilidade de acesso [13].

2.4.2 Instalações de tratamento

Em seguida, a água chega às instalações de tratamento por meio de condutas adutoras (condutas de grande diâmetro pertencentes ao sistema em alta), usando estações elevatória que, por método de bombagem, certificam que a água chega ao seu destino [13]. O tratamento é feito em estações de tratamento de água (ETA), dando a garantia que as características físicas, químicas e biológicas da água são próprias para consumo humano.

Apesar de existirem estudos prévios sobre a boa qualidade da água captada, existe sempre a necessidade de algum tratamento para poder cumprir os parâmetros estabelecidos no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto. Este documento, que tem como objetivo proteger e assegurar a qualidade da água, indica como proceder à análise e fornece os valores máximos admissíveis (VMA) para os seus diferentes tipos de uso, incluindo o consumo humano [14].

Neste tipo de instalações, a água passa normalmente por um tratamento físico, químico, biológico e por fim de desinfecção. Salientam-se os processos mais importantes, nomeadamente a filtração, sedimentação, coagulação/floculação e desinfecção [15].

Estas instalações de tratamento devem ser situadas perto do local de captação, onde haja a possibilidade de usar descargas de emergência e com fácil acesso [14].

2.4.3 Armazenamento de água

O reservatório é a infraestrutura onde a água será armazenada. É necessário garantir o constante abastecimento, mesmo em situações em que o consumo seja maior que a captação ou no caso de incêndios.

O reservatório desempenha um papel importante na regularização de variações de consumo e das estações elevatórias, no armazenamento para emergências e ainda no equilíbrio de pressões. A construção deverá ser feita a uma cota superior ao local a abastecer de forma a assegurar a chegada de água aos consumidores [13].

2.4.4 Distribuição de água

A água é distribuída através de condutas de distribuição (de menor diâmetro que as adutoras e pertencentes ao sistema em baixa), para que assim possa ser consumida pelos clientes. O conjunto de condutas e os seus elementos acessórios é denominado de rede de distribuição.

É essencial planear e dimensionar o sistema de abastecimento para que assim haja um correto e eficiente funcionamento. Para tal focam-se dois pontos principais, a disponibilidade do recurso no local de captação e o atendimento às necessidades dos consumidores. Quanto à disponibilidade recorre-se a sondagens e estudos hidrogeológicos. Para assegurar um contínuo fornecimento que se adapte às

variações de consumo (exemplo: horas de ponta) que possam ocorrer, realizam-se estudos demográficos que incluam uma previsão relativamente ao desenvolvimento futuro de crescimento, quantidade e tipo de consumo (industrial, habitacional, comercial) [16].

2.5 Estrutura da rede de água

2.5.1 Tipo de redes

No planeamento e construção da rede de água deve-se ter em atenção a forma mais eficiente de atender às necessidades enquanto se reduz ao máximo a manutenção e as perdas, a nível económico e do recurso. As redes podem classificar-se como ramificadas ou em malha (Figura 2), sendo as suas características apresentadas na Tabela 2.

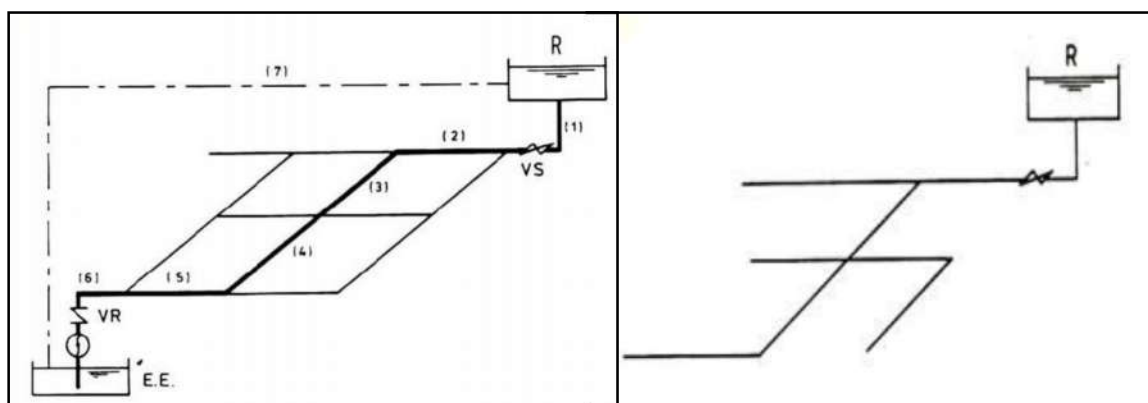


Figura 2- Representação de uma rede em malha (esquerda) e ramificada (direita) (Retirado de [17]).

Tabela 2- Características de rede ramificada e em malha (Adaptado de [17]).

Rede	Ramificada	Em malha
Descrição	Apenas existe um caminho a percorrer desde o reservatório até qualquer ponto da rede. (Figura 2)	As condutas foram instaladas de maneira a formarem circuitos fechados. (Figura 2)
Vantagens	Necessidade reduzida em elementos acessórios; Dimensionamento hidráulico simples.	Existência de escoamento bidirecional; Em caso de manutenção há sempre escoamento para jusante Sem grandes variações de pressão, em situações de mudança de quantidade de consumo.
Desvantagens	Acumulação de sedimentos nas zonas terminais; Em caso de manutenção, o escoamento para jusante é impedido; Pressão insuficiente em situações de mudança de quantidade de consumo.	Necessidade acrescida em elementos acessórios; Cálculo hidráulico torna-se mais complexo.

Visto que cada tipo de rede tem as suas vantagens e desvantagens, por vezes é utilizado de forma mista.

2.5.2 Elementos acessórios

A estrutura da rede de distribuição é constituída por vários elementos acessórios onde cada um desempenha um papel fundamental. Entre eles podem-se encontrar condutas, válvulas, hidrantes, derivações, juntas cegas, ventosas e ramais.

As **condutas** são tubos que, neste caso, se destinam ao transporte de água. Por questões de limitação de trânsito e de proximidade com os locais que abastecem, convém que sejam instaladas junto ou por baixo dos passeios. Normalmente estão

localizadas aproximadamente a 1 metro de profundidade, para que haja segurança em caso de fuga, sobrecarga, altas temperaturas, mas também que sejam situadas relativamente perto do solo para que em casos de intervenção, esta seja feita o mais rapidamente possível, com uso do menor número de recursos. Já o tipo de material e diâmetro depende bastante do tempo útil do sistema de abastecimento e da sua dimensão [13].

O uso de fibrocimento em condutas foi muito utilizado em anos passados, mas a sua composição com amianto e cimento constitui um grave risco e perigo para a saúde humana, levando a que este material fosse substituído por PVC (Policloreto de Vinilo) ou PEAD (Tubo de Polietileno de Alta Densidade) [10].

Ambos os materiais possuem características comuns como a leveza, maleabilidade, resistência ao choque, rotura e corrosão, paredes internas lisas e propriedades isolantes [10].

As condutas de PVC (Figura 2) adequam-se essencialmente a sistemas de abastecimento, irrigação e a transporte de produtos químicos [10].



Figura 3- Fotografia de tubos de PVC (Retirado de [18]).

As condutas de PEAD adequam-se a sistemas de abastecimento, de rega, captações e estações elevatórias, a drenagem de águas residuais e pluviais, a estações de tratamento e ao transporte de produtos químicos agressivos ou de produtos sólidos [10].

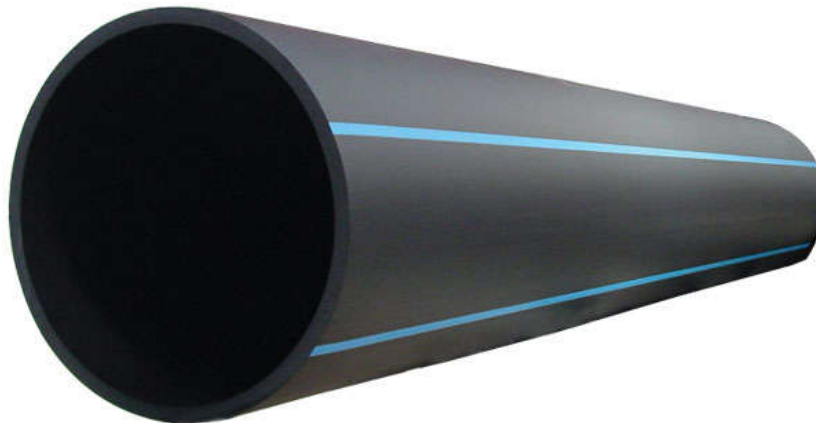


Figura 4- Fotografia de um tubo de PEAD (Retirado de [19]).

Atualmente dá-se preferência ao material PEAD, não só pela sua variedade de funções mas também pelo facto da sua resistência e durabilidade ser maior que no PVC.

Existem vários tipos de **válvulas**, sejam elas de seccionamento (rede ou ramal), ventosa, descarga de rede ou redutora de pressão.

As **válvulas de seccionamento** possibilitam ou impossibilitam a passagem de água, seja para outras condutas (de rede) ou para consumidores (de ramal). Para além da sua própria proteção, deve-se garantir uma fácil manutenção e operação [17]. Existem vários tipos de válvulas, nomeadamente passador tipo torneira, macho $\frac{1}{4}$ de volta, cunha elástica, cunha metálica, borboleta, adufa. Atualmente usa-se maioritariamente a cunha elástica (Figura 5) para ramais de ligação e rede, sendo que o uso da cunha metálica aplica-se na existência de câmara de manobras.



Figura 5- Fotografia de uma válvula de seccionamento do tipo cunha elástica (Retirado de [20]).

O papel desempenhado é fulcral para cortes de consumidores que não desejam ou que não pagaram o serviço, mas também para agir contra fugas ou para a manutenção, onde seria bastante complicado ou mesmo impossível com a passagem contínua de água. Nem sempre está presente qualquer tipo válvula, sendo esta situação mais comum em sistemas antigos.

Ambas as válvulas de rede e ramal encontram-se o mais próximo do local da derivação, para evitar que haja água estagnada na tubagem. Isto é, caso as válvulas se encontrassem mais afastadas da derivação, haveria um troço maior da conduta por onde a água podia percorrer que em caso da válvula estar fechada, não terá destino.

A **descarga de rede** (Figura 6) tem como função o esvaziamento de condutas para situações onde esta tenha de ser controlada e analisada. Geralmente é instalada em pontos de cota baixa da conduta [13].



Figura 6- Fotografia de uma descarga de rede (Retirado de [21]).

No caso da **ventosa** (Figura 7), o seu papel consiste na permissão de entrada ou saída de ar na conduta. Evita o fenómeno de cavitação e permite um melhor escoamento em situações de descarga e limpeza da rede. Devem ser localizadas nos pontos altos por ser a zona onde existe uma maior acumulação de ar [13].



Figura 7- Fotografia de uma ventosa (Retirado de [22])

As condutas sob grande pressão põem em causa a sua integridade, aumentando o risco de danificar a rede de água. Assim as válvulas redutoras de pressão, apresentam um papel fundamental na regularização da pressão da rede [13]. Estas encontram-se maioritariamente dentro de câmaras de manobras e têm associadas duas válvulas de seccionamento de rede, uma a montante e outra a jusante, e um *bypass* (Figura 8).



Figura 8- Exemplo de um Bypass (Retirado de [23]).

Um *bypass* é uma ligação alternativa que permite a ligação entre duas condutas diferentes ou uma ligação paralela à mesma [13].

Os **hidrantes** (Figura 9) podem-se classificar em bocas de rega, boca-de-incêndio de parede e marcos de incêndio. Qualquer tipo de hidrante encontra-se ligado por ramal e destina-se principalmente a situações de emergência, como por exemplo, em incêndios.



Figura 9- Fotografia de uma Boca-de-incêndio (esquerda), marco de incêndio (meio) e boca de rega (direita) (Retirado de [24], [25], [26] respetivamente).

Definem-se **juntas cegas** como acessórios que impedem a passagem de água nas extremidades das condutas [13].

Os **nós** são pontos de ligação entre tubagens onde existe passagem de água.

Um **ramal** é constituído por um tubo que deriva da conduta distribuidora com o objetivo de abastecer o consumidor. Existem ramais do tipo domésticos, comerciais e industriais [16]. A distribuição de água a edifícios é feita através de ramais de ligação onde normalmente existe uma válvula de corte, preferencialmente localizadas nos passeios.

Em caso de edifícios com vários consumidores, o ramal de ligação principal deriva para cada um dos consumidores, pelo que se chama de ramal domiciliário. Os ramais que apesar da sua existência, não têm a ligação feita ao edifício denominam-se de ramais em ponta. Caso não sejam tamponadas têm de dispor de uma válvula de corte.

A água antes de chegar ao consumidor passa sempre por um **contador** que regista a quantidade de consumida para que depois se possa contabilizar o preço a pagar pelo consumidor (Figura 10).



Figura 10- Fotografia de um contador (Retirado de [27]).

Os contadores devem ser colocados em caixas de forma a conferir alguma proteção, e num local de fácil leitura dos consumos (Figura 11) [10].



Figura 11- Fotografia de uma caixa de contador (Retirado de [28]).

Em habitações com um único consumidor, o contador deverá localizar-se no exterior da habitação. Em habitações com vários consumidores, como por exemplo um prédio, os contadores devem ser colocados no interior do edifício, numa única caixa, ou seja, em bateria (Figura 12) [10].



Figura 12- Fotografia de contadores em bateria (Retirado de [29]).

2.6 Perdas e fugas

A principal prioridade das entidades gestoras de sistemas de abastecimento é o controlo e a deteção de fugas [10].

Neste contexto consideram-se perdas, a quantidade de água que não é contabilizada e consequentemente, não faturada. Podem-se classificar em perdas reais e perdas aparentes. As reais originam essencialmente de fugas nas condutas. As aparentes são causadas por ligações ilegais ou sem contador (fontanários, hidrantes), mau funcionamento, erro na leitura e falta de precisão das medições [3].

Há necessidade de solucionar ou tomar medidas para a minimização de perdas, seja para salvaguardar um recurso tão importante como a água, seja para aumentar o lucro e consequentemente melhorar as instalações existentes.

A junção da informação obtida pela equipa de deteção de fugas, com o levantamento cadastral, permite obter um controlo eficaz sobre as perdas, sabendo exatamente como e onde atuar logo após ter sido obtida a localização.

3. Sistemas de abastecimento de água de Oliveira de Azeméis

O objeto de estudo neste estágio foi o conjunto de sistemas de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis. Para tal, foi cadastrada toda a cobertura de rede de água gerida pela INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A., a entidade gestora responsável pelo abastecimento de água no concelho.

Este concelho, que pertence ao distrito de Aveiro e que se localiza na Grande Área Metropolitana do Porto, é constituído pelas seguintes freguesias, Cesar, Fajões, Macieira de Sarnes, Carregosa, Nogueira do Cravo, Pindelo, São Roque, Vila de Cucujães, Oliveira de Azeméis, Santiago de Riba-UI, Macinhata da Seixa, Madail, UI, Ossela, Loureiro, Pinheiro da Bemposta, Travanca, Palmaz, São Martinho da Gândara (Figura 13). Atualmente existem as seguintes Uniões de Freguesias:

- Oliveira de Azeméis, Santiago de Riba-UI, UI, Macinhata da Seixa e Madail
- Nogueira do Cravo e Pindelo.
- Pinheiro da Bemposta, Travanca e Palmaz

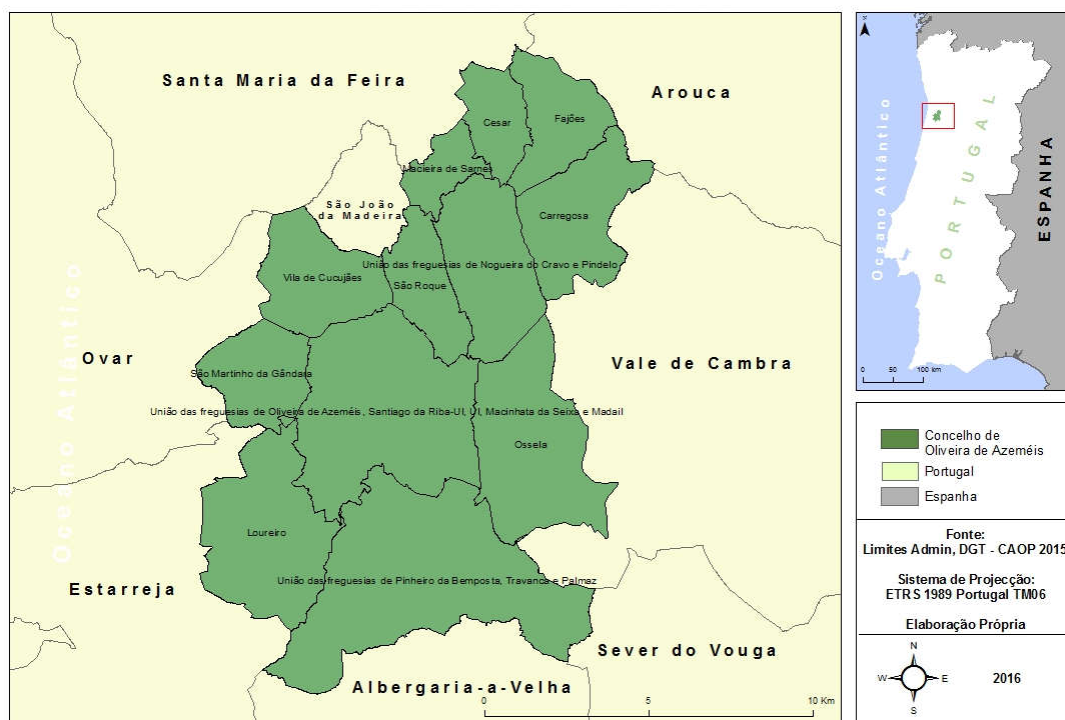


Figura 13- Enquadramento geográfico.

O concelho de Oliveira de Azeméis é delimitado pelos concelhos de Arouca (Nordeste), Vale de Cambra (Este), Sever do Vouga (Este), Albergaria-a-Velha (Sul), Estarreja (Oeste), Ovar (Oeste), São João da Madeira (Noroeste) e Santa Maria da Feira (Noroeste).

Possui 163,41 km² de área e a sua população ronda os 71 000 habitantes [30]. Segundo os dados de 2009 da PORDATA, 72% da população é servida por sistemas de abastecimento de água. Analisando anos anteriores conclui-se que este número tem vindo a crescer, o que mostra o interesse que este setor tem tido nos últimos anos (Tabela 3). Este crescimento requer a instalação frequente de novas redes e consequentemente a necessidade de uma boa gestão.

Tabela 3- Percentagem de população servida por sistemas de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis.

Ano	1995	2001	2008	2009
Percentagem	31%	52%	66%	72%

Existem 24 sistemas abastecedores (Figura 14), onde cada um tem o seu respetivo reservatório para fornecer água à população da área envolvente. Na Tabela 4 pode-se analisar os comprimentos aproximados de cada sistema e a(s) freguesia(s) que abastece.

A soma dos comprimentos de todos os sistemas perfaz um total de 398046 metros, ou seja, a distância a percorrer durante o levantamento cadastral.

No entanto, o comprimento previsto poderá ser excedido devido a novas instalações de rede de água que possam eventualmente ser construídas durante o tempo deste projeto.

Salienta-se ainda, que o levantamento cadastral apenas foi realizado para as condutas distribuidoras, deixando de parte as adutoras.

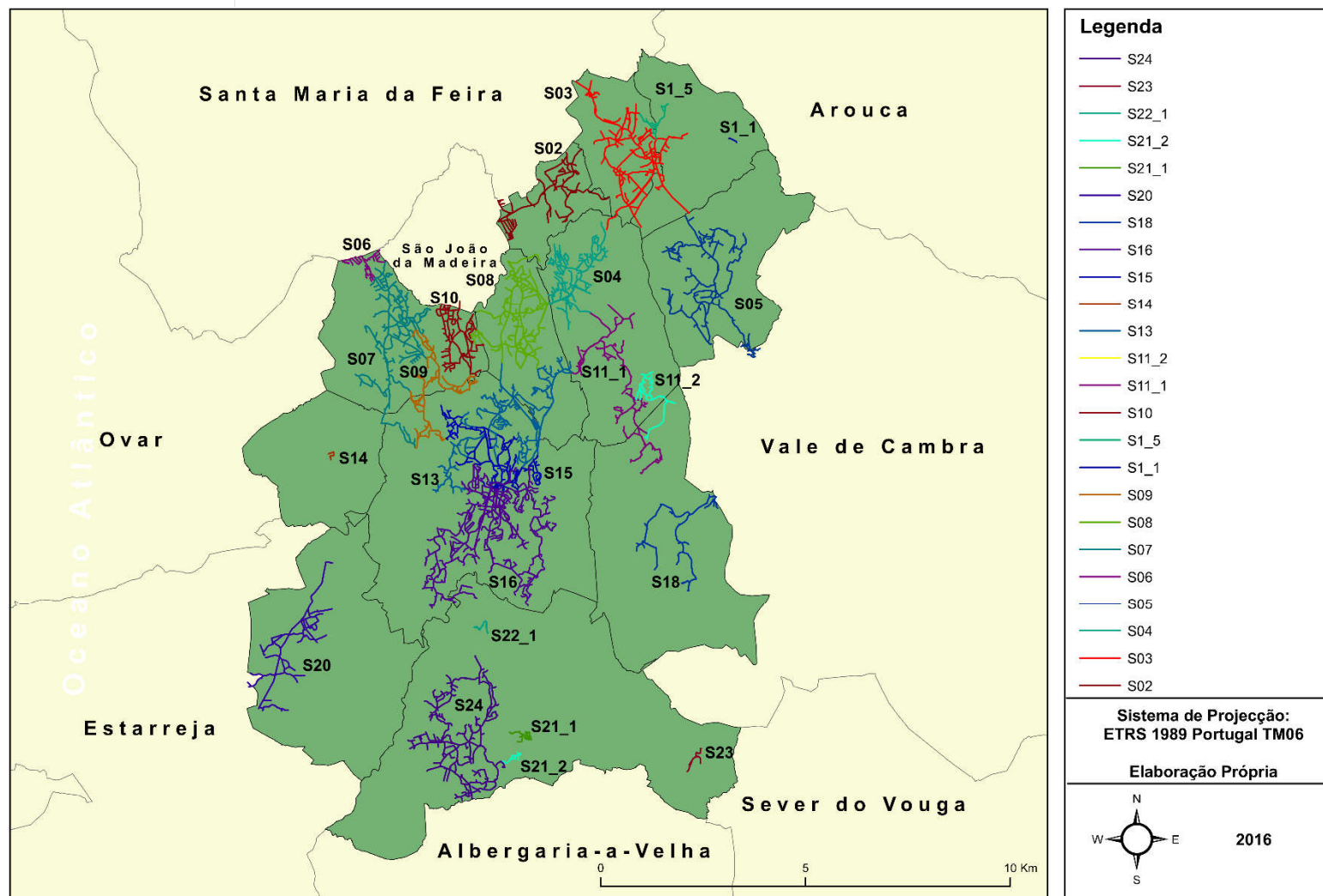


Figura 14- Mapa da rede de abastecimento de água em Oliveira de Azeméis.

Tabela 4- Caracterização dos sistemas abastecedores por comprimento e freguesia.

Sistema	Comprimento (m)	Freguesia
S01_1	230	Fajões
S01_5	2580	Cesar/Fajões
S02	16000	Macieira de Sarnes
S03	30400	Cesar/Fajões/ Nogueira do Cravo
S04	21900	Nogueira do Cravo/ Pindelo/São Roque
S05	25270	Carregosa
S06	4350	Vila de Cucujães
S07	29660	Santiago de Riba-UI/ Vila de Cucujães
S08	31000	Macieira de Sarnes/ São Roque/Vila de Cucujães
S09	13400	Santiago de Riba-UI/ Vila de Cucujães
S10	14500	Vila de Cucujães
S11_1	17600	Ossela/Pindelo
S11_2	5200	Ossela/Pindelo
S13	37800	Oliveira de Azeméis/ Pindelo/ Santiago de Riba-UI/São Roque
S14	400	São Martinho da Gândara
S15	24900	Oliveira de Azeméis/ Santiago de Riba-UI
S16	62300	Macinhata da Seixa/ Oliveira de Azeméis/ Travanca/UI
S18	8730	Ossela
S20	15500	Loureira/ (Avanca- Freguesia de Estarreja)
S21_1	1726	Palmaz
S21_2	1300	Palmaz
S22_1	940	Travanca
S23	1160	Palmaz
S24	31200	Pinheiro da Bemposta/Travanca

4. Metodologia

4.1 Funcionamento da base de dados

Foi fornecido um modelo de base de dados em formato Excel para posterior preenchimento, efetuado e definido pela INDAQUA, relativamente a cada elemento a ser registado no levantamento cadastral.

Visto que toda esta informação será integrada mais tarde em diferentes programas informáticos, é necessário assegurar a compatibilidade e o bom funcionamento entre eles. Assim, o preenchimento da base de dados terá que cumprir a seguinte formatação: letra “Aria” e tamanho 8, os campos de coordenadas, cotas e profundidades devem ser do tipo “Número” com 2 casas decimais, e em caso da inexistência de número de polícia, definir como “SN”.

Na base de dados, o preenchimento dos campos de arruamentos deverá feito exatamente como se encontra no ficheiro (também fornecido pela INDAQUA) relativamente aos arruamentos e freguesias (Tabela 5). Caso o arruamento não exista no ficheiro, este é escrito por extenso em letras maiúsculas.

Tabela 5- Tabela de apoio ao preenchimento de arruamentos.

Arruamento	Freguesia
AV 25 de Abril	Nogueira do Cravo
AV A NOZ	Nogueira do Cravo
AV CAMILO P COSTA PEREIRA	Santiago de Riba-Ul
AV COMENDADOR ÁLVARO FIGUEIREDO	Oliveira de Azeméis
AV Comend Ângelo da Silva Azevedo	Cesar
AV César Pinho	Oliveira de Azeméis
AV D MANUEL II	Palmaz
AV DNA MARIA I	Oliveira de Azeméis
AV DR ANÍBAL BELEZA	Oliveira de Azeméis
AV Descobrimentos	Nogueira do Cravo
AV Dr Albino dos Reis	Oliveira de Azeméis
AV Dr António José de Almeida	Oliveira de Azeméis
AV ESPIRITO SANTO	Travanca
AV Ernesto Pinto Basto	Oliveira de Azeméis
AV FERREIRA DE CASTRO	Oliveira de Azeméis
AV Francisco Tavares	Oliveira de Azeméis
AV Igreja	São Roque
AV JOSÉ CORREIA AMARAL	Palmaz
AV JOSÉ GODINHO	Pindelo
AV JUVENTUDE DESPORTIVA CARREGOSENSE	Carregosa

Cada elemento registado é identificado através do código respetivo do elemento (Tabela 6) seguido da atribuição de um número. Estes números por questões de organização são atribuídos de forma crescente à medida que se vai registando.

Tabela 6- Código dos elementos acessórios.

Elemento	Código
Nó	N
Válvula de Seccionamento	VS
Hidrante	H
Válvula redutora de pressão	VRP
Válvula de descarga de rede	DR
Ventosa	VE
Câmara de manobras	CM

Na Tabela 7 pode-se verificar para o caso das válvulas de seccionamento, uma parte do modelo de base de dados com os campos e os tipos de informação que cada um pode conter.

Tabela 7- Modelo de base de dados relativo às válvulas de seccionamento.

Estado de Conservação	Tipo de Válvula	Função	Colocação	Diâmetro Nominal (mm)	Localização
Bom	Esfera	Seccionamento rede	Câmara de manobras		Na via
Razoável	Adufa	Seccionamento limite zona	Caixa		No passeio
Mau	Cunha metálica	Seccionamento ramal	Enterrada		Em via pedonal
	Cunha elástica		Nicho		Na baía de estacionamento
	Macho 1/4 volta		Reservatório		Em propriedade / terreno privado
	Passador (tipo torneira)		Outros		Em propriedade / terreno público
	Outros				Em terreno Ascendi
					Em terreno Euroscut
					Em terreno EP
					Acesso
					Auto-estrada
					Berma
					Caminho
					Campo
					Dunas
					Estacionamento
					Estrada
					Ilha
					Jardim
					Linha do metro
					Maciço
					Muro
					Parede
					Passagem inferior
					Passagem superior
					Ponte
					Praia
					Rio
					Rotunda
					Separador central
					Talude
					Valeta
					Outros

4.2 Recolha de informação

A equipa em terreno foi constituída por 3 membros, cada um com uma função específica e o devido material de trabalho. Um dos membros é funcionário de uma empresa de águas que tem parceria com a LRB - Consultores. Poderá ainda haver, por vezes, um quarto membro, funcionário da INDAQUA que fornece informação relevante e esclarece dúvidas sobre a rede.

O material usado para a concretização desta etapa foi o seguinte:

- GPS (Sistema de Posicionamento Global) de topografia que consegue obter precisões na ordem dos centímetros
- Bloco de notas onde foi efetuado o desenho da rede de água, ao mesmo tempo que era anotada outra informação necessária, como por exemplo, o material e o diâmetro de ramal, número de polícia correspondente ao ramal e arruamentos
- Rede indicativa com cartografia, fornecida pela entidade gestora com o intuito de guiar e ajudar a entender a rede mesmo em situações mais complexas (Figura 15).
- Ferramentas como um gancho e martelo, utensílios necessários para abertura de câmaras de manobras, cones de sinalização para a via e detetor de metais para procurar válvulas que pudessem encontrar-se enterradas.

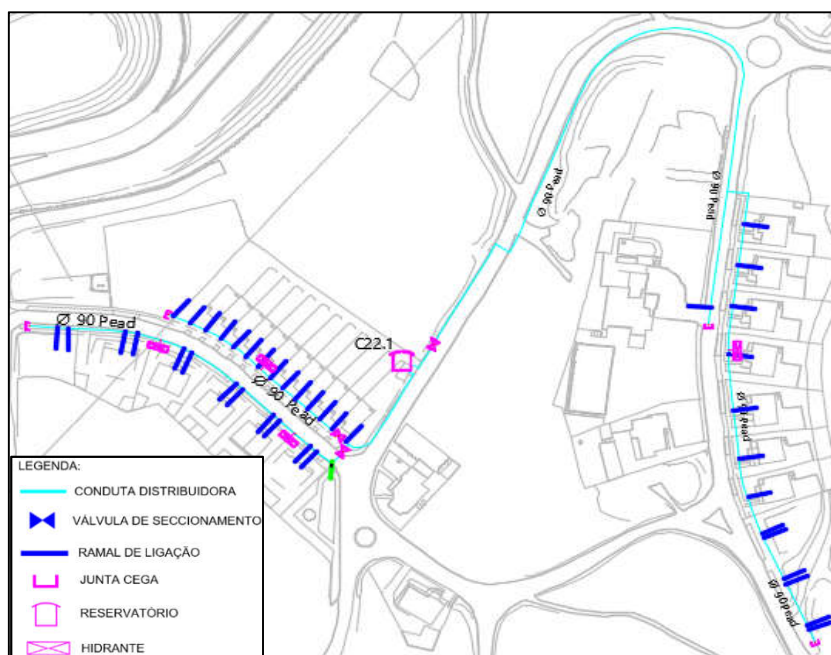


Figura 15- Exemplo de uma rede indicativa.

O GPS foi programado com alguns campos a preencher sobre cada elemento, segundo o modelo de base de dados (Tabela 8). Cada campo é preenchido através da escolha adequada de uma lista existente, com atributos únicos para cada campo de forma que se possa adicionar rapidamente informação, que será usada mais tarde no tratamento de dados. Todos os campos preenchidos no GPS são indicados também no bloco de notas (posteriormente referido), de forma que possa haver uma posterior confirmação de dados.

Tabela 8- Campos a preencher no GPS.

Elemento acessório	Campos a preencher
Nó	Tipo de nó, Colocação e localização
Válvula de Seccionamento	Tipo de válvula, localização, função, colocação
Hidrate	Tipo de hidrate, localização
Válvula redutora de pressão	Colocação e localização
Válvula de descarga de rede	Colocação e localização
Ventosa	Colocação e localização
Câmara de manobras	Localização

Para assegurar o máximo de exatidão possível, no momento de registo é necessário nivelar a bolha de nível que se encontra incorporada no bastão do GPS e certificar que o sinal esteja fixo. Após o registo é inserido, para além da informação necessária, o ID como referido anteriormente.

Em locais onde o sinal de GPS seja baixo, como no meio de edifícios ou locais mais remotos, a exatidão não será a melhor. Por vezes perde-se o sinal e é necessário esperar que este volte a fixar para que a exatidão fique dentro do limite imposto, 10 cm.

Como os nós de ramal não são visíveis, estes são registados o mais aproximadamente possível na direção do contador, perpendicularmente à conduta. A sua função é meramente de referência para o desenho do ramal em SIG, pelo que será eliminado após a sua utilização.

O levantamento cadastral foi feito sistema a sistema abastecedor, prosseguindo para os sistemas adjacentes ou mais próximos quando se terminava o sistema em curso. O ponto de partida do cadastro de um sistema será sempre o reservatório, já que é o local onde se armazena a água e onde é feito posteriormente o abastecimento.

No começo de cada sistema, é feita previamente a análise da rede indicativa para que assim se decida a melhor rota a percorrer, se possível de forma contínua, isto é, sem ter que retornar a certos locais por causa de pequenos troços. Sistemas compridos, que contenham muitas derivações, dificultam esta análise, optando-se por um levantamento dividido em zonas.

É de referir que no fim do dia, o último ponto registado era um nó de rede, válvula de rede, câmaras de manobra ou junta cega, não deixando assim, uma rua ou troço a meio. Esse seria o ponto de partida no dia seguinte.

4.3 Tratamento gráfico

Após a recolha de informação em campo, procede-se ao tratamento usando *software* SIG.

4.3.1 Vetorização usando o ArcGIS como ferramenta

Como primeira ferramenta usou-se o ArcGIS, um programa de sistemas de informação geográfica onde se irá proceder à vetorização (traçado) da rede de água a partir dos pontos registados no GPS. Estes pontos encontram-se no formato *shapefile*, um tipo de ficheiro comum em SIG.

Na vetorização foi necessário garantir os seguintes pontos:

- Condutas e ramais de ligação devem ser vetorizados como *polylines*
- A vetorização deve ser feita no sentido de escoamento
- Condutas devem estar partidas nos nós (exceção dos nós de ramal)
- Assegurar conectividade entre os elementos

No decorrer deste passo, acompanhou-se o desenho feito em terreno para confirmar ou esclarecer qualquer dúvida.

No ArcGIS, para vetorizar foi necessário primeiro permitir a edição, e para tal recorreu-se ao “*Start editing*”. Seguidamente usou-se o comando “*Create features*” onde já foi possível proceder à vetorização (FIGURA 16). É de salientar que os únicos elementos a vetorizar foram as condutas e ramais, mas o preenchimento de informação aplicou-se a todos.

A conduta foi traçada consoante a rede indicativa, os nós levantados e a cartografia do local (Figura 17). As condutas são divididas em nós de rede ou na existência de mudança de diâmetro na conduta.

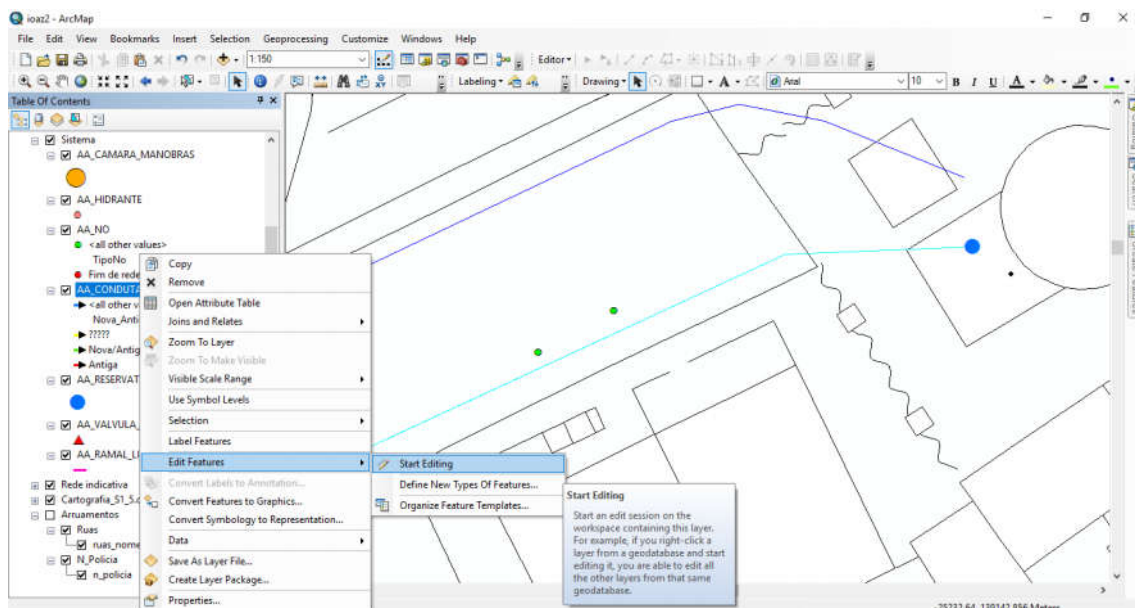


Figura 16- Utilização do comando “Start Editing” para a vetorização da conduta.

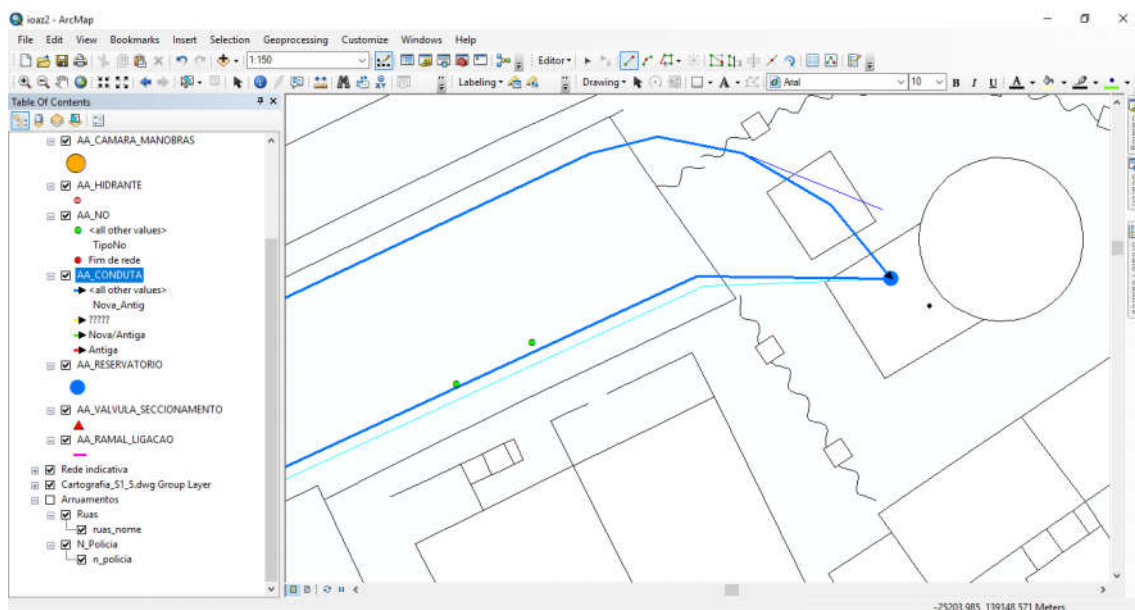


Figura 17- Representação da conduta vetorizada.

Após a vetorização da conduta seguiu-se para os ramais. Este processo passou inicialmente por fazer uma perpendicular do nó até à conduta, de forma a encontrar o ponto na conduta onde inicia o ramal de ligação (FIGURA 18). De seguida, usando o ponto como referência, foi feita outra perpendicular à conduta e o ramal foi traçado de forma que se situe dentro do terreno da habitação, sem se sobrepor a esta (Figura 19).

Como os nós de ramal só servem de referência para a vectorização do ramal de ligação, são eliminados logo após o seu uso.

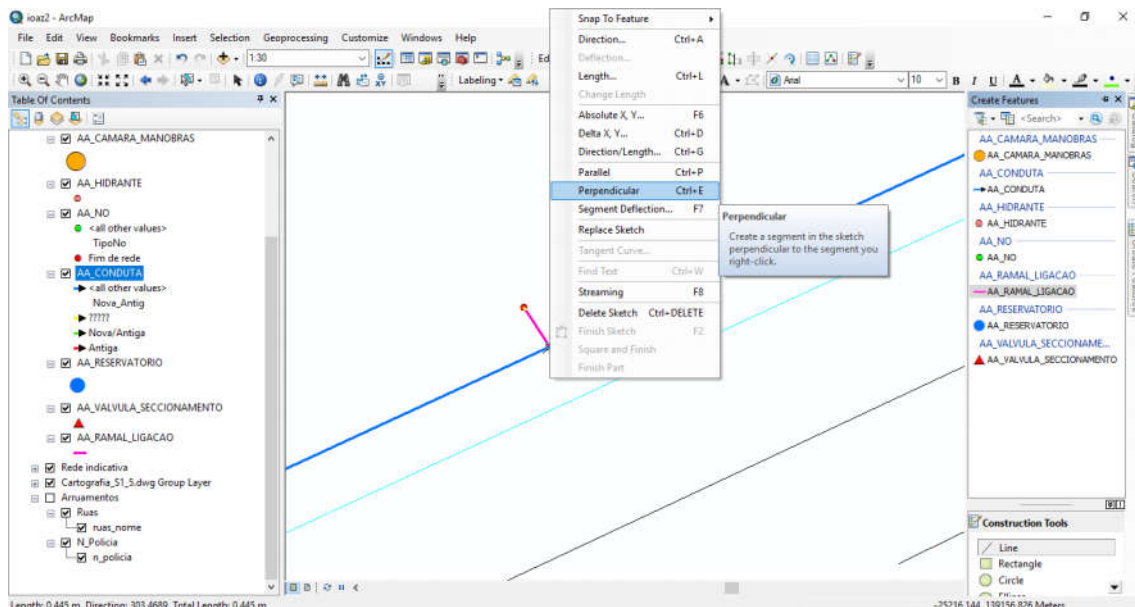


Figura 18- Utilização de uma perpendicular do nó até à conduta, para encontrar ponto de referência para posterior uso na vectorização do ramal de ligação.

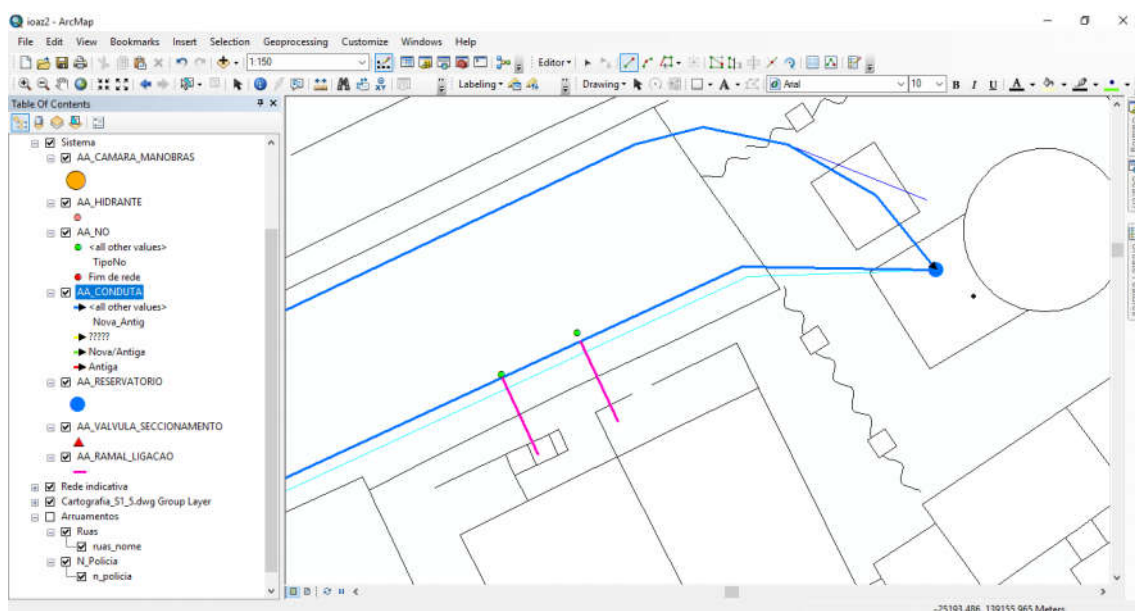


Figura 19- Representação de ramais de ligação vectorizados.

Durante a vectorização, completou-se também a informação não preenchida em terreno na tabela de atributos (FIGURA 20).

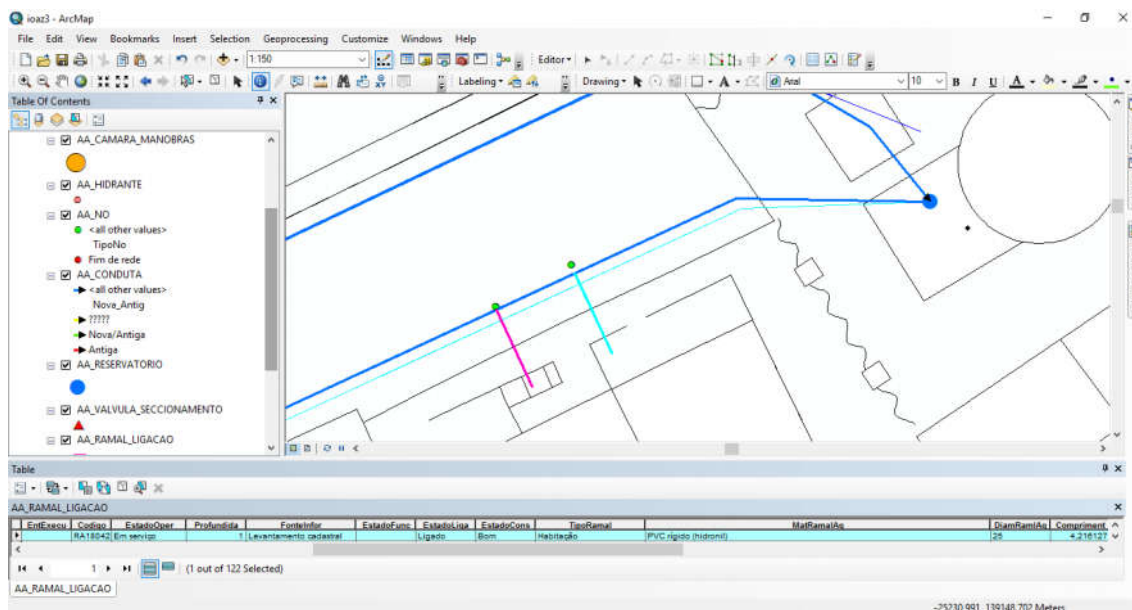


Figura 20- Representação da tabela de atributos onde é preenchida informação relevante.

4.3.2 Tratamento gráfico com o apoio do AutoCAD MAP 3D

Antes de proceder à produção das telas finais para entrega, usando o AutoCAD MAP 3D, foi necessário exportar previamente para formato CAD a partir do ArcGIS. A exportação foi feita por camadas, onde cada elemento corresponde a uma camada. Foi exportado também individualmente cada tipo de hidrante (boca-de-incêndio, marco de incêndio, boca de rega), nó (com e sem derivação) e válvula de seccionamento (ramal e rede) para que se possam diferenciar por camadas no AutoCAD, bem como as anotações que incluem os ID, materiais e diâmetros das condutas, cotas dos nós de rede e números de polícia.












Como primeiro passo no AutoCAD atribui-se as designações das camadas conforme a Tabela 9.

Tabela 9- Designações das camadas no AutoCAD.

Camada	Designação
Nó com derivação	AA_NO_COM_DERIVACAO
Nó sem derivação	AA_NO_SEM_DERIVACAO
Código do nó	AA_NO_CODIGO
Cota do nó	AA_NO_COTA
Número de polícia	AA_NUMERO_POLICIA
Ramal coletivo	AA_RAMAL_COLETIVO
Ramal de ligação	AA_RAMAL_LIGACAO
Código do ramal de ligação	AA_RAMAL_LIGACAO_CODIGO
Reservatório	AA_RESERVATORIO
Código do Reservatório	AA_RESERVATORIO_CODIGO
Válvula redutora de pressão	AA_VALV_REDUTORA_PRESSAO
Código da válvula redutora de pressão	AA_VALV_REDUTORA_PRESSAO_CODIGO
Descarga de rede	AA_DESCARGA_REDE
Código da descarga de rede	AA_DESCARGA_REDE_CODIGO
Ventosa	AA_VENTOSA
Código da ventosa	AA_VENTOSA_CODIGO
Válvula de seccionamento de ramal	AA_VALV_SECCIONAMENTO_RAMAL
Válvula de seccionamento de rede	AA_VALV_SECCIONAMENTO_REDE
Código da válvula de seccionamento	AA_VALV_SECCIONAMENTO_CODIGO
Câmara de manobras	AA_CAMARA_MANOBRAS
Código da câmara de manobras	AA_CAMARA_MANOBRAS_CODIGO
Conduta	AA_CONDUTA
Código da conduta	AA_CONDUTA_CODIGO
Material e diâmetro da conduta	AA_CONDUTA_MATERIAL_DIAMETRO
Boca-de-incêndio	AA_BOCA_INCENDIO
Boca de rega	AA_BOCA_REGA
Marco de incêndio	AA_MARCO_INCENDIO
Código de Hidrante	AA_HIDRANTE_CODIGO

Os elementos que se encontram como pontos, ou seja, todos com exceção na conduta e ramal de ligação, foram substituídos pelo seu respetivo símbolo (Tabela 10, Figura 21 e 22). As condutas e ramaís seguem a formatação apresentada na mesma figura anteriormente referida.

Tabela 10- Simbologia dos elementos acessórios no AutoCAD.

	Válvula de seccionamento
	Válvula redutora de pressão
	Reservatório
	Nó sem derivação
	Nó com derivação
	Marco de incêndio
	Descarga de rede
	Câmara de manobras
	Boca de rega
	Boca-de-incêndio
	Ventosa
	Ramal de ligação
	Conduta

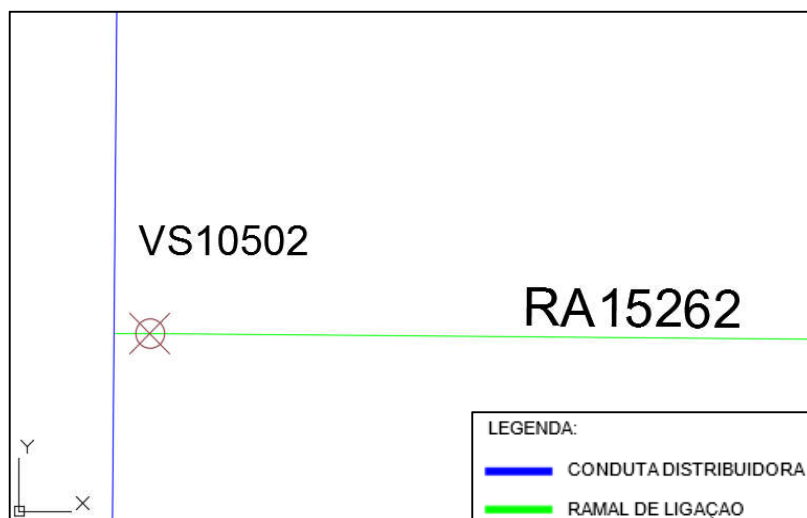


Figura 21- Representação da válvula de seccionamento como ponto antes da substituição para o respetivo bloco.

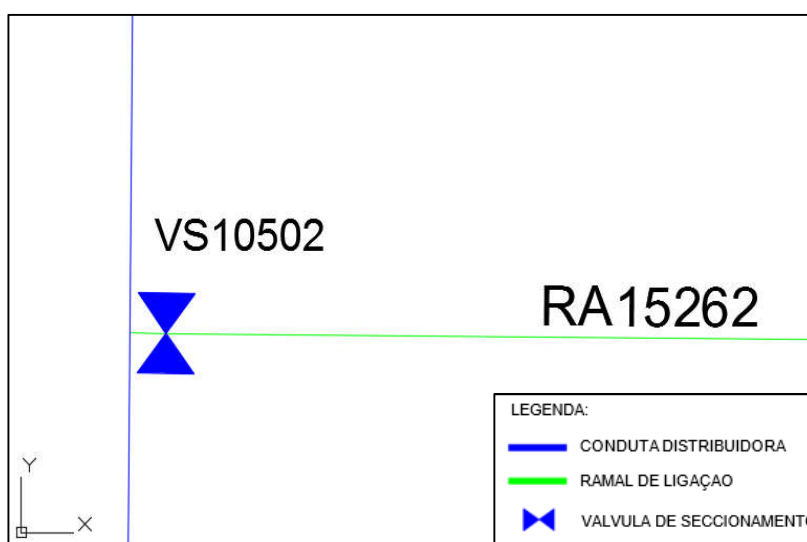


Figura 22- Representação da válvula de seccionamento após a substituição para o respetivo bloco.

Segue-se para a orientação e rotação dos elementos e anotações. As anotações devem estar sempre presentes de forma visível e sempre que possível, manter uma orientação constante ao longo da conduta (Figura 23). Este processo foi feita através da ferramenta “*rotate*”.



Figura 23- Representação da orientação de anotações na conduta.

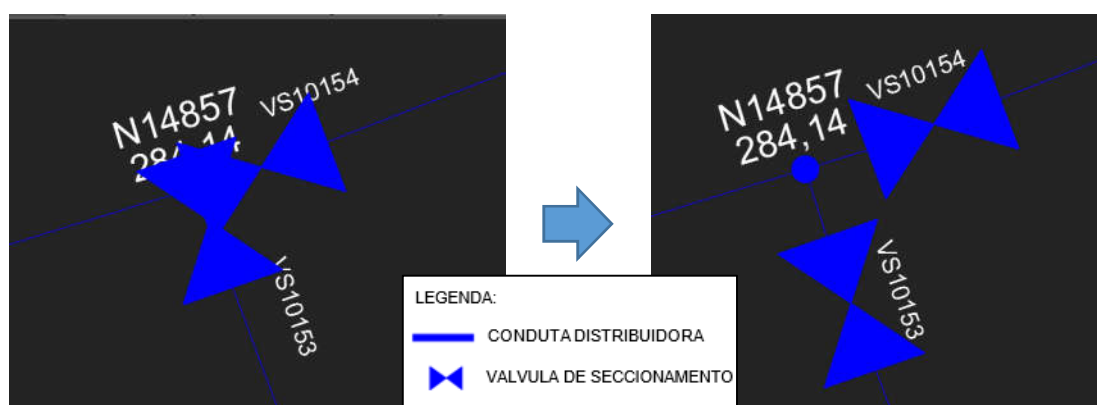


Figura 24- Representação da deslocação de válvulas de seccionamento de rede.

A rotação dos elementos foi feita, sempre que possível, de forma que os objetos não se sobreponham. As válvulas de seccionamento de rede não podem ficar sobrepostas, pelo que estas são os únicos objetos que podem ser ligeiramente movidos sobre a conduta (Figura 24). As coordenadas serão sempre as recolhidas em terreno e não as resultantes da deslocação.

De seguida, é apresentado na Figura 25 uma visão mais ampla que contém as anotações referentes a códigos de válvulas de seccionamento, de nós de rede, ramais, número de polícia e cota do nó de rede.

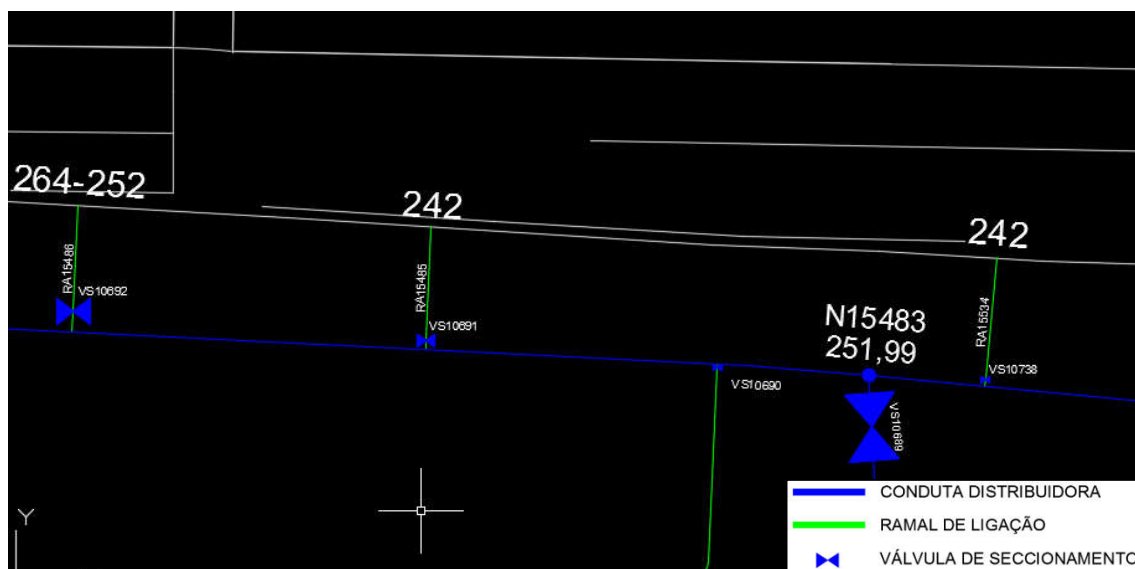


Figura 25- Representação da orientação de algumas anotações.

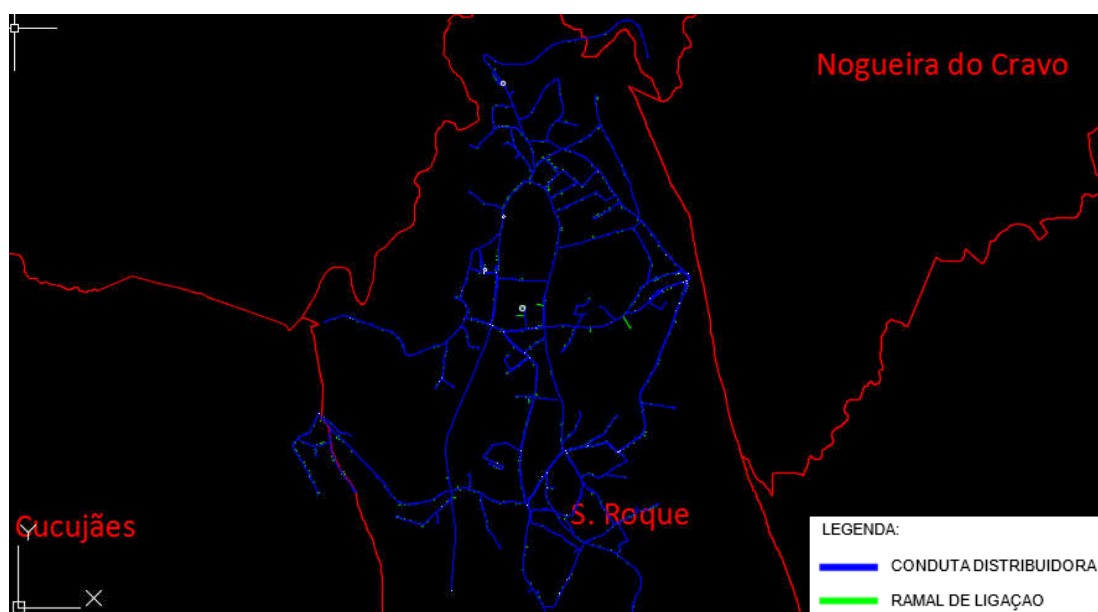


Figura 26- Representação do Sistema S08 depois de concluída a conversão de blocos e orientação das anotações.

Para cada divisão (Figura 27) que contenha rede de água, foi feita a respetiva tela final (Figura 28). Após a escolha da divisão com o traçado da rede de água e aplicação da cartografia apropriada no sistema de projeção definido (ETRS89), indicou-se no canto inferior direito da tela final, a freguesia pertencente e dá-se por concluída e pronta para entrega.

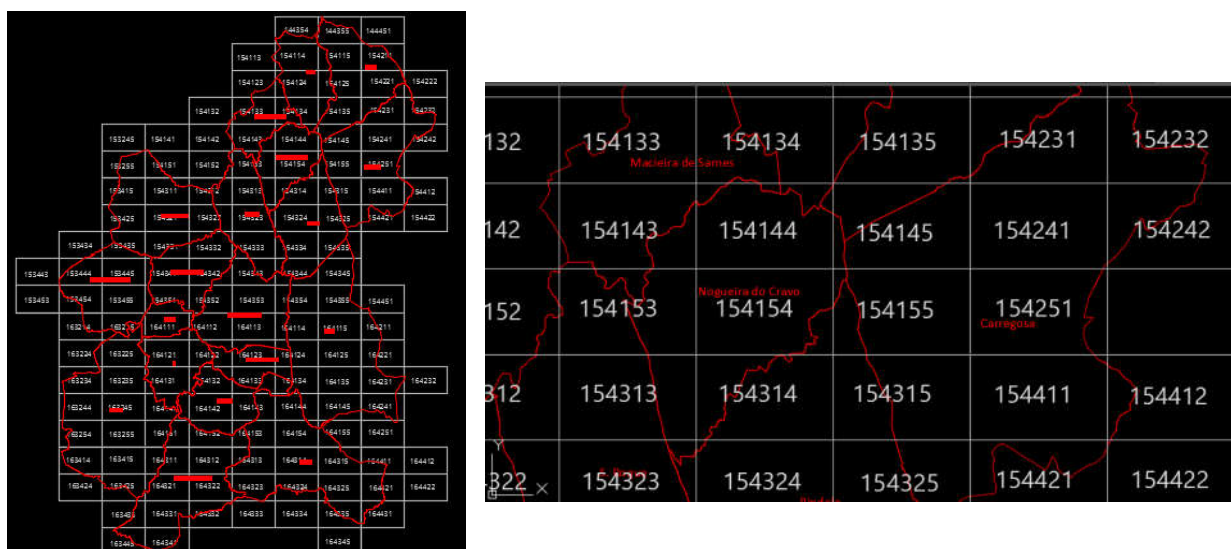


Figura 23- Representação ampla e aproximada das divisões.

As telas finais serão integradas nos SIG da INDAQUA e devem seguir e conter os seguintes pontos:

- ETRS89 como sistema de projeção.
- Escala de 1:1000
- Cartografia atualizada
- Traçado da conduta e ramais de ligação
- Localização e identificação dos nós, ramais de ligação e dos elementos acessórios



Figura 24- Representação de uma tela final.

5. Situações hipotéticas de rotura de uma conduta e respetivas resoluções

Neste capítulo será demonstrada para três situações hipotéticas de rotura, qual a melhor e mais rápida forma de proceder. Para tal, é necessário analisar a estrutura da rede de água usando os mapas efetuados no levantamento cadastral. Ambas as situações pertencem ao sistema abastecedor de água S16 (Figura 29). Foi escolhido este sistema pela sua grandeza e diversidade de casos.

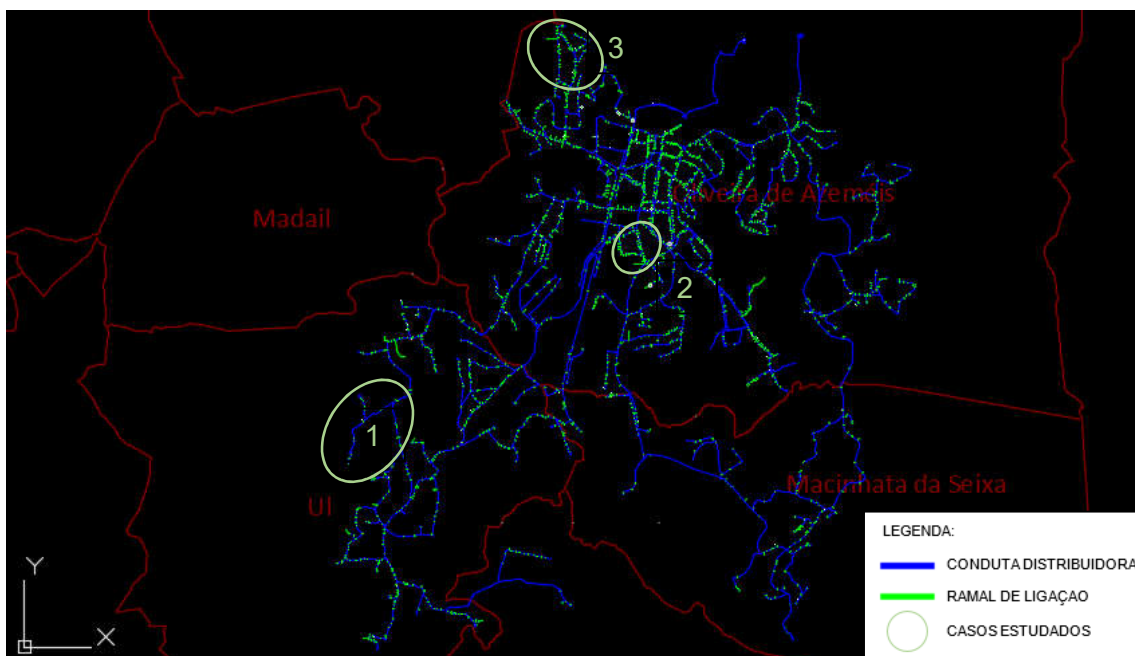


Figura 25- Representação dos locais usados para simular qual o procedimento a tomar em caso de rotura de conduta.

O plano para definir qual a melhor forma de atuar segue os seguintes passos:

- Localizar a rotura
- Perceber o sentido de escoamento da água
- Analisar a estrutura e que tipo de elementos acessórios existem
- Definir o melhor método atendendo à rapidez e quantidade de consumidores potencialmente prejudicados.

Na **situação hipotética n.º 1** (Figura 29 e 30) existem 3 interseções com válvulas de seccionamento de rede onde se pode intervir, sendo que a interseção 2 tem 2 válvulas que permitem o corte tanto para a esquerda como para baixo.

Analisando o sentido de escoamento da água representado pelas setas a azul, a solução será fechar as válvulas em 1 e 3 que impedirá qualquer passagem de água por toda a rua da rotura, podendo assim fazer-se a manutenção sem qualquer risco.

Relativamente à situação **hipotética n.º 2** (Figura 29 e 31), a rotura localiza-se no final da conduta perto de uma junta cega. Na interseção 1 e 2 não existe válvula onde se possa fazer um corte de água, pelo que vai ser necessário fechar a válvula de seccionamento em 3.

Visto que o troço da conduta que ficará sem água é longo e que irá prejudicar alguns consumidores, sugere-se que seja aplicada uma válvula em 2 e 1.

A **situação hipotética n.º 3** (Figura 29 e 32) forma um circuito fechado de rede de água onde apenas a interseção 1 não possui válvula de seccionamento de rede, o que permite uma grande flexibilidade para trabalhar em caso de roturas.

Para esta situação em concreto, o melhor será fechar a válvula de cima em 4 e a válvula em 5, visto que é a forma que apresentará menor número de consumidores prejudicados por não serem abastecidos com água durante a intervenção.

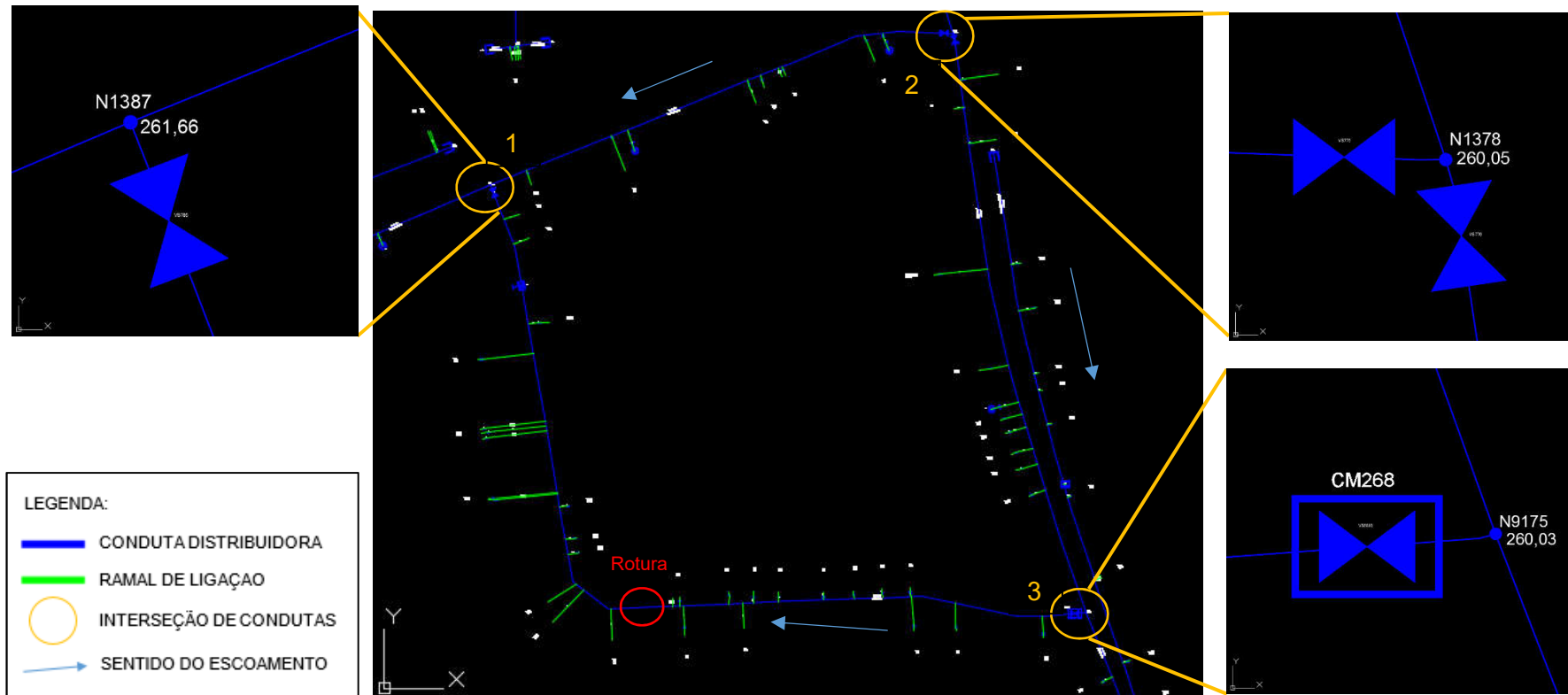


Figura 26- Situação hipotética n.º 1

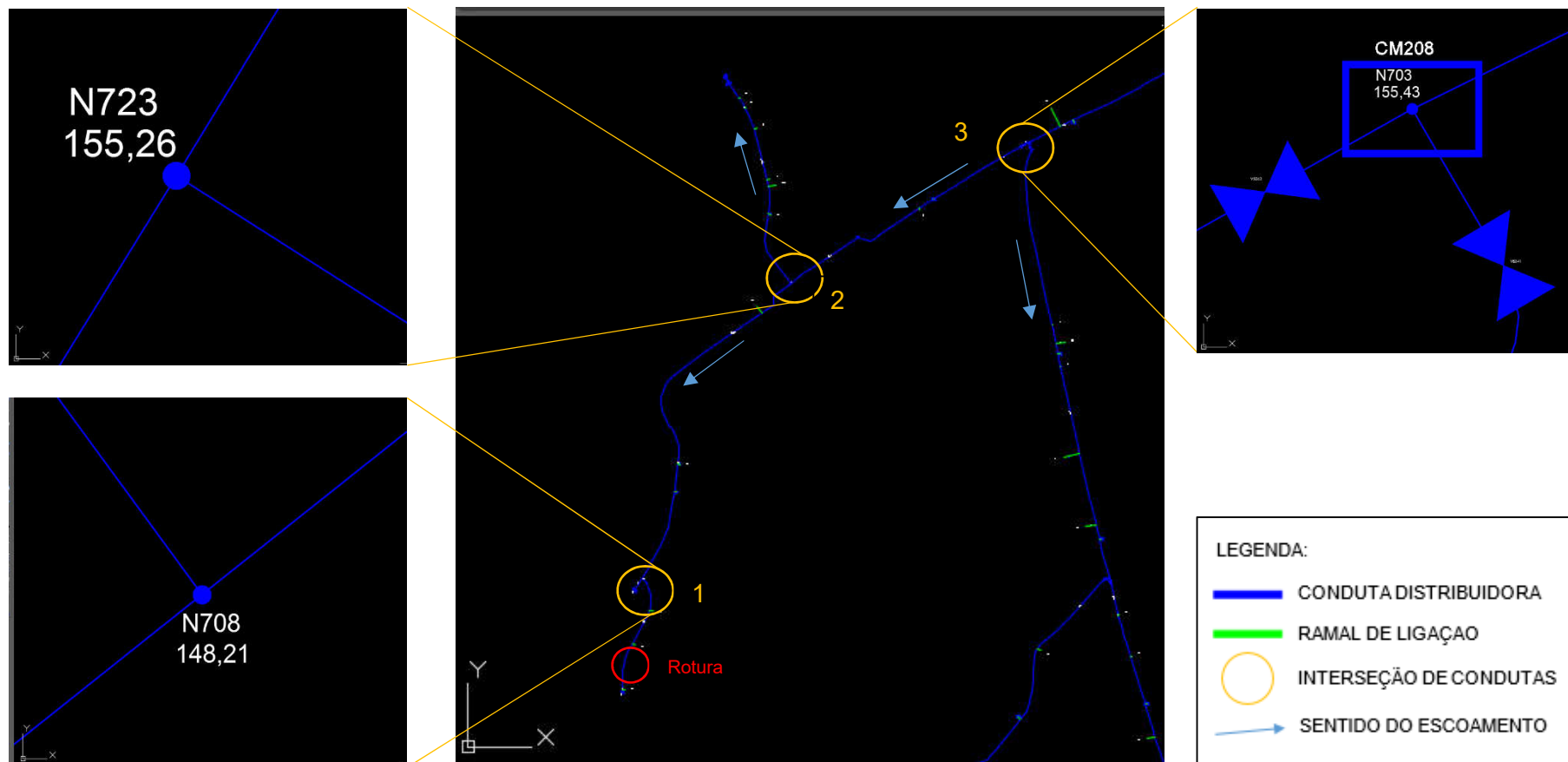


Figura 27- Situação hipotética n.º 2

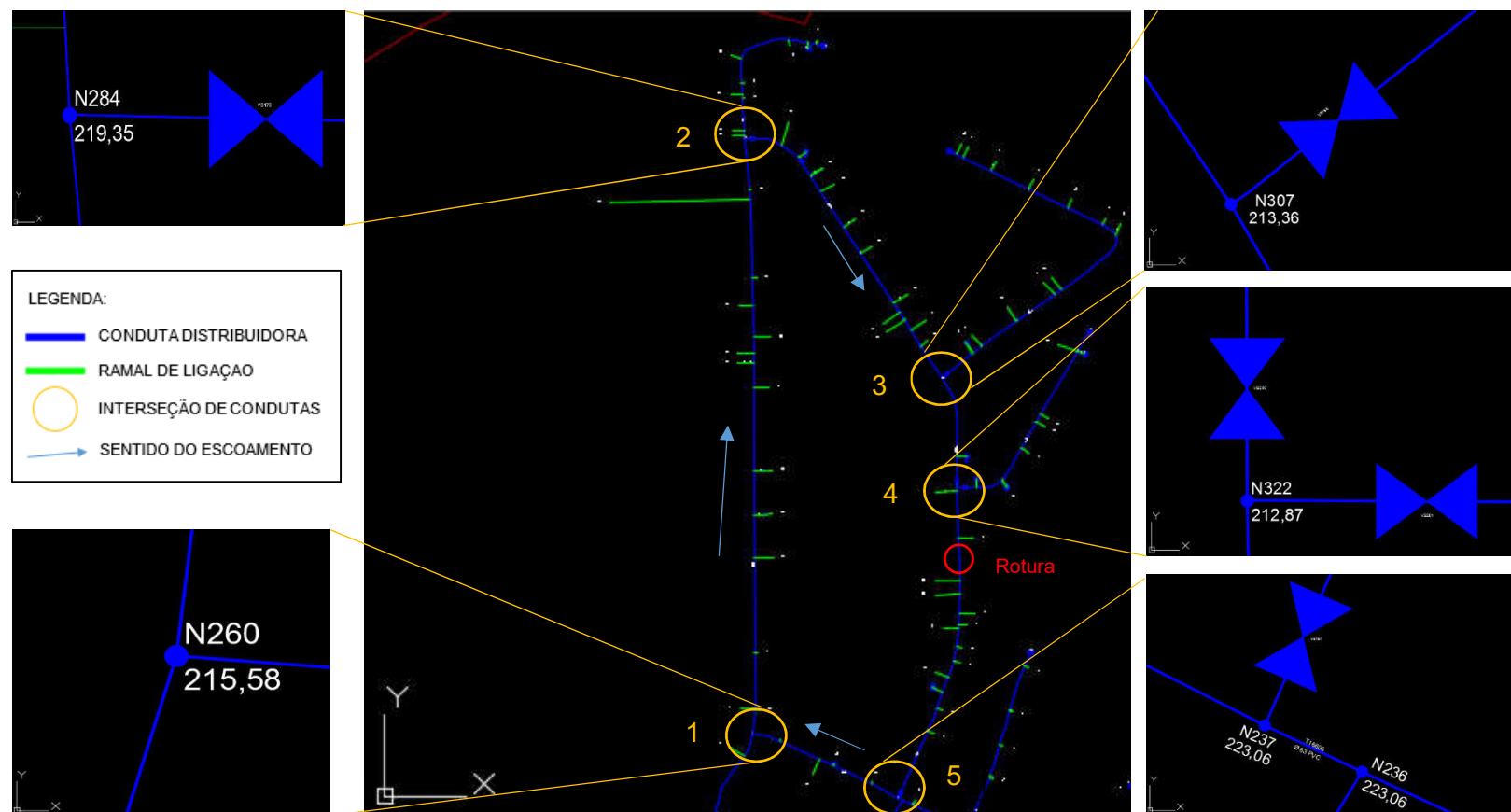


Figura 28- Situação hipotética n.º 3

6. Avaliação dos sistemas abastecedores de água

Com o objetivo de analisar os sistemas abastecedores de água foi realizado um estudo de percentagens, relativamente às variáveis consideradas como mais relevantes para este contexto. Na Tabela 11 são apresentados os dados para cada sistema, que inclui as percentagens para as válvula (função e tipo), de ramais ligados, de válvula por ramal e do tipo de material da conduta.

Verifica-se que existe um maior número de válvulas de seccionamento de ramal do que de rede, com exceção do S14. É justificável pelo fato de ser um sistema com pouco comprimento de rede de água (400m), e onde a percentagem de válvula por ramal é de 4,5%.

Os sistemas S04, S07, S08, S09, S10, S13, S15 e S16 contêm válvulas de limite de zona, o que significa que estão ligados com outro sistemas através dessas válvulas que geralmente se encontram fechadas.

A maioria dos sistemas abastecedores apresenta uma alta percentagem de ramais ligados, com exceção dos sistemas S20 e S24 que atingiram percentagens inferiores a 50%.

A percentagem de válvula por ramal em qualquer sistema considera-se baixa visto que o valor mais elevado é 49,5% para o S20.

É possível também averiguar quais os sistemas mais antigos e mais novos. Para tal, tem que se ter em conta a percentagem de cunha elástica e de PEAD como material da conduta. Quanto maior a percentagem, mais recente será o sistema. É de referir que grande parte das válvulas e condutas foram substituídas por estas características mais recentes, pelo que o valor de percentagem pode não ser completamente representativo.

Os sistemas S02, S04, S06, S10, S15, S16, S24 têm na sua estrutura uma pequena parte de condutas em fibrocimento ou ferro fundido (FFD), o que significa que estes sistemas integram-se no grupo dos mais antigos, visto que hoje em dia já não é aplicado este tipo de material.

Tabela 1111- Tabela de percentagens de função das válvulas, tipo de válvulas, válvula por ramal, ramais ligados e tipo de material da conduta por sistema

Sistemas	Válvula (função)			Válvula (tipo)						Ramais		Material Conduta			
	Ramal	Rede	Limite de zona	C. Elástica	C. Metálica	P. tipo torneira	Macho 1/4 volta	Esfera	Adufa	Válvula/ramal	Ramais ligados	PVC	PEAD	FFD	Fibrocimento
S02	89,6%	10,4%	0,0%	81,8%	2,6%	0,2%	0,0%	3,6%	11,8%	38,4%	98,2%	42,4%	56,8%	0,8%	0,0%
S03	88,8%	11,2%	0,0%	93,2%	0,5%	0,0%	0,1%	4,1%	2,0%	48,5%	70,4%	0,4%	99,6%	0,0%	0,0%
S04	88,4%	11,5%	0,1%	79,1%	3,2%	4,0%	0,5%	8,8%	4,4%	38,1%	74,0%	36,9%	61,8%	1,4%	0,0%
S05	85,7%	14,3%	0,0%	66,3%	3,7%	0,6%	1,6%	11,5%	16,4%	34,1%	96,9%	41,5%	58,5%	0,0%	0,0%
S06	86,1%	13,9%	0,0%	65,4%	5,6%	0,0%	1,9%	25,2%	1,9%	32,5%	86,5%	20,5%	61,6%	0,0%	17,8%
S07	87,1%	12,8%	0,1%	82,5%	3,0%	0,2%	0,6%	12,5%	1,2%	44,7%	72,6%	0,6%	99,4%	0,0%	0,0%
S08	89,6%	10,2%	0,2%	88,6%	2,3%	0,0%	0,8%	5,0%	3,4%	46,1%	64,8%	23,1%	76,9%	0,0%	0,0%
S09	88,5%	11,2%	0,2%	71,6%	3,2%	0,2%	0,5%	15,4%	9,0%	39,1%	85,1%	11,1%	88,9%	0,0%	0,0%
S1_1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S1_5	85,9%	14,1%	0,0%	75,0%	1,6%	0,0%	0,0%	23,4%	0,0%	31,1%	77,9%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S10	85,5%	14,2%	0,3%	42,3%	7,9%	3,3%	0,9%	10,9%	34,7%	30,0%	93,1%	5,7%	93,6%	0,7%	0,0%
S11_1	76,1%	23,9%	0,0%	48,3%	19,9%	0,0%	0,6%	28,4%	2,8%	22,7%	83,8%	9,2%	90,8%	0,0%	0,0%
S11_2	78,1%	21,9%	0,0%	48,5%	18,2%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	17,0%	91,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S13	81,8%	18,0%	0,2%	49,9%	12,5%	4,0%	0,8%	12,5%	20,3%	30,6%	90,0%	42,3%	57,7%	0,0%	0,0%
S14	33,3%	66,7%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,5%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S15	81,5%	17,7%	0,8%	45,9%	7,2%	9,9%	3,3%	18,3%	15,5%	36,6%	97,5%	59,8%	39,8%	0,0%	0,4%
S16	84,2%	15,7%	0,1%	62,0%	4,0%	4,1%	0,6%	13,5%	15,9%	38,0%	95,9%	32,2%	63,7%	0,2%	3,9%
S18	87,7%	12,3%	0,0%	91,7%	0,4%	0,0%	0,0%	7,9%	0,0%	47,0%	55,8%	4,5%	95,5%	0,0%	0,0%
S20	90,2%	9,8%	0,0%	87,1%	0,0%	0,0%	0,3%	1,5%	11,0%	49,5%	41,3%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S21_1	75,7%	24,3%	0,0%	86,5%	5,4%	0,0%	0,0%	8,1%	0,0%	27,2%	80,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S21_2	78,1%	21,9%	0,0%	50,0%	15,6%	0,0%	0,0%	34,4%	0,0%	17,0%	91,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S22_1	94,3%	5,7%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	49,5%	98,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
S23	86,7%	13,3%	0,0%	53,3%	13,3%	6,7%	0,0%	26,7%	0,0%	41,9%	83,3%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
S24	90,1%	9,9%	0,0%	93,8%	0,5%	0,6%	0,1%	1,6%	3,5%	46,7%	49,0%	14,7%	84,9%	0,4%	0,0%

Todas as condutas presentes no S23 são em PVC, o que indica que este é um sistema não muito recente. A sua pequena dimensão poderá não justificar a substituição para PEAD.

O S14 apresenta uma percentagem de 100% tanto para a percentagem de cunha elástica como para PEAD, destacando-se assim como o sistema em melhores condições.

Para poder analisar os sistemas em termos de necessidade de renovação foi calculado um índice através da fórmula apresentada:

$$\text{Índice}_{\text{necessidade de renovação}} = \text{Índice}_{\text{cunha elástica}} \times \text{Índice}_{\text{PEAD}} + \text{Índice}_{\text{FFD/Fibrocimento}}$$

Os valores das variáveis usadas para o cálculo podem ser consultados na Tabela 12. O valor obtido no índice de renovação corresponde a uma classificação que irá caracterizar o sistema (Tabela 13).

Tabela 12- Caracterização dos índices de cunha elástica, PEAD e de FFD/fibrocimento

Índice	Percentagem	Valor
Índice de cunha elástica Índice de PEAD	> 75%	1
	50% - 75%	2
	< 50%	3
Índice de FFD/fibrocimento	Presença de FFD ou fibrocimento	1
	Ausência de FFD ou fibrocimento	0

Tabela 123- Caracterização do índice de renovação.

Índice de necessidade de renovação	Intervalo	Classificação
	1 – 4	Não necessário
	5 – 10	Necessário

A Tabela 14 apresenta para cada sistema abastecedor de água, o valor e a classificação correspondente ao índice de renovação. A classificação de “Não necessário” foi a mais comum, caracterizando 19 sistemas. Assim, sobram 5 sistemas (S06, S16, S13, S23, S15) que segundo a escala e critérios apresentados, necessitam de renovação.

Salienta-se o S15, visto que atingiu o valor o valor mais alto da escala, 10. Caso haja necessidade, sugere-se que este seja o primeiro sistema a intervir na renovação das infraestruturas.

Tabela 13- Resultados do índice de renovação para os sistemas abastecedores de água.

Sistemas	Valor	Classificação
S03	1	Não necessário
S07	1	Não necessário
S08	1	Não necessário
S14	1	Não necessário
S18	1	Não necessário
S20	1	Não necessário
S21_1	1	Não necessário
S22_1	1	Não necessário
S24	2	Não necessário
S09	2	Não necessário
S1_5	2	Não necessário
S21_2	2	Não necessário
S02	3	Não necessário
S04	3	Não necessário
S1_1	3	Não necessário
S11_1	3	Não necessário
S11_2	3	Não necessário
S05	4	Não necessário
S10	4	Não necessário
S06	5	Necessário
S16	5	Necessário
S13	6	Necessário
S23	6	Necessário
S15	10	Necessário

7. Conclusão

O levantamento cadastral foi constituído por duas partes, uma de recolha de informação em terreno e outra de tratamento gráfico. Ambas as partes foram concluídas com sucesso, mas em terreno deparou-se com uma dificuldade. Nem sempre as condições meteorológicas foram as melhores, pelo que, nestes casos o trabalho era temporariamente suspenso, atrasando o levantamento cadastral.

Os produtos finais do levantamento cadastral foram uma base de dados com informação útil sobre os elementos acessórios e as respetivas coordenadas geográficas, e as telas finais que representam o traçado da rede de água em forma de mapa.

Com o intuito de usar o levantamento cadastral como ferramenta para controlo e ação em situações de rotura na conduta foi sugerido que fossem seguidas as seguintes etapas, pela ordem que se segue: localizar rotura, saber qual o sentido de escoamento da água, analisar a estrutura e que tipo de elementos acessórios existem, e por fim definir o melhor método atendendo à rapidez e quantidade de consumidores potencialmente prejudicados.

Em relação à avaliação dos sistemas abastecedores de água constatou-se que existem mais válvulas de ramal do que de rede e que a maioria dos sistemas possuem uma alta percentagem de ramais ligados.

O sistema S14 destacou-se por atingir uma percentagem de 100% para a quantidade de válvulas do tipo cunha elástica e para quantidade de condutas em material PEAD, sendo assim considerado como o sistema em melhores condições.

Segundo o índice de necessidade de renovação dos sistemas abastecedores de água, 19 obtiveram a classificação de “Não necessário”, enquanto os restantes 5 necessitam de renovação. O S15 foi considerado o sistema abastecedor de água com maior necessidade de renovação visto que foi o único a atingir 10, o valor máximo da escala.

De forma geral, a rede de abastecimento de água de Oliveira de Azeméis possui um bom estado de conservação e de atualização de material da sua estrutura.

8. Bibliografia

- [1] J. M. P. Vieira, “Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água,” Braga, 2003.
- [2] A. G. Brito, S. Costa, J. Almeida, R. Nogueira e L. Ramos, “A REFORMA INSTITUCIONAL PARA A GESTÃO DA ÁGUA EM PORTUGAL: AS ADMINISTRAÇÕES DE REGIÃO HIDROGRÁFICA”.
- [3] R. d. J. Gomes, “MODELAÇÃO MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO E EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA,” Coimbra, 2011.
- [4] “Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho,” [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/178471>.
- [5] “Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000,” [Online]. Available: https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/directiva_quadro_agua.pdf.
- [6] “Plano Nacional da Água,” [Online]. Available: https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Água/PlaneamentoGestao/PNA/2015/PNA2015_Relatorio_1.pdf.
- [7] “Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água,” [Online]. Available: http://www.apambiente.pt/_zdata/consulta_publica/2012/pnuea/implementacao-pnuea_2012-2020_junho.pdf.
- [8] “PENSAAR 2020 - Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais,” [Online]. Available: https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Água/PlaneamentoGestao/PENSAA R2020/PENSAAR2020_Relatorio_Vol1.pdf.
- [9] “PEEASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais,” Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007.

- [10] A. L. S. Guerra, "RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO PROFISSIONAL," 2013.
- [11] J. J. L. d. Abreu, "OS SIG NA GESTÃO DAS INFRAESTRUTURAS E ACTIVIDADES DOS SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO," Viana do Castelo, 2011.
- [12] H. M. G. Lopes, *O Cadastro das redes de saneamento e abastecimento de águas dos aglomerados urbanos da Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central*, 2011.
- [13] "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto de 1995".
- [14] "Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto," [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/430505>.
- [15] T. J. C. Martins, "Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada," Bragança, 2014.
- [16] E. R. D. SOUSA, "SANEAMENTO AMBIENTAL I," Lisboa, 2001.
- [17] "Rede de Abastecimento de Água," [Online]. Available: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573909376/S04_AT_Distribuicao%20Agua.pdf.
- [18] "Fersil," [Online]. Available: <http://media.fersil.com//multimedia/fotos/75/0003C92DE489F1.jpg>. [Acedido em 10 09 2016].
- [19] "Multitubos," [Online]. Available: http://www.multitubos.pt/attachments/Image/tubos-de-polietileno-pead-para-agua-barras_150.jpg?template=generic. [Acedido em 10 09 2016].
- [20] "Fucoli," [Online]. Available: <http://www.fucoli-somepal.pt/Portals/0/Catalogo/Imagens/01.201.png>. [Acedido em 10 09 2016].

- [21] “Tecnilab,” [Online]. Available: http://sm.vectweb.pt/media/33/Image/Produtos/Valvulas/flucon_5000.jpg. [Acedido em 10 09 2016].
- [22] “Hubel,” [Online]. Available: http://www.hubel.pt/fotos/editor2/4.c.aritriploefeito_d_040_ctf.jpg. [Acedido em 10 09 2016].
- [23] “TLV,” [Online]. Available: http://www.tlv.com/global/images/steam_theory/bypass-valves/bypass-valves02.jpg. [Acedido em 10 09 2016].
- [24] “Freepik,” [Online]. Available: https://image.freepik.com/fotos-gratis/hidrante_2563287.jpg. [Acedido em 10 09 2016].
- [25] “Fucoli Somepal,” [Online]. Available: <http://www.fucoli-somepal.pt/Portals/0/Imagens/MI.gif>. [Acedido em 10 09 2016].
- [26] “Gerador de Preços,” [Online]. Available: http://www.geradordeprecos.info/imagens3/iur_050_blindada_300_300_5666EE15.jpg. [Acedido em 10 09 2016].
- [27] “Epal,” [Online]. Available: <http://www.epal.pt/EPAL/images/default-source/epa-img/acredita%C3%A7%C3%A3o/contador.jpg?sfvrsn=4>. [Acedido em 10 09 2016].
- [28] “i2t,” [Online]. Available: [http://www.i2t.pt/img.php?src=3sL4lqUi_A%20\(5\).jpg&x=800&y=600&f=0](http://www.i2t.pt/img.php?src=3sL4lqUi_A%20(5).jpg&x=800&y=600&f=0). [Acedido em 10 09 2016].
- [29] “Ecodelsa,” [Online]. Available: <http://www.ecodelsa.com/wp-content/uploads/2013/06/bateria-de-contadores-de-agua.jpg>. [Acedido em 10 09 2016].
- [30] “Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis,” [Online]. Available: http://www.cm-oaz.pt/oliveira_de_azemeis.1/localizacao.39/localizacao.a53.html. [Acedido em 15 07 2016].

